

# From Perceptual Scale to Perceptual Surface

## Master 2 Internship Offer

*Advisor-s: Jonathan Vacher, MAP5 (UMR 8145), UP Cité, jonathan.vacher@u-paris.fr*

**Domain** The study of visual perception lies at the interface of neuroscience, cognitive science and applied mathematics. To understand the visual system, we need to look at the brain signal and the subjective sensation that a stimulus generates. This requires not only the modeling of these signals and sensations, but also a precise understanding of the underlying experimental methods.

**Advisor-s** Jonathan Vacher is associate professor at Université Paris Cité in the MAP5 laboratory. He did his thesis at the interface between neuroscience and applied mathematics under the supervision of Gabriel Peyré and Cyril Monier. He then completed a post-doctorate in New York under the supervision of Ruben Coen-Cagli. Since then, he has been collaborating regularly with Pascal Mamassian, CNRS research director at the Ecole Normale Supérieure and director of the Laboratoire des Systèmes Perceptifs (LSP). The work will involve a collaboration with Andrew Meso who is associate professor at King’s College London.

**Objective** The aim of this internship is to explore theoretically and numerically the Maximum Likelihood Difference Scaling (MLDS) method [1] (see Figure 1) and the Maximum Likelihood Conjoint Measurement (MLCM) method [2]. These methods will be key to further understand visual perception.

**Candidate profile** The candidate is interested in probabilities and statistics, in computer vision and/or in cognitive sciences and specifically in visual perception. Practical knowledge of applied probabilities [3] is expected, with an interest in information theory and its geometry (optimal transport, Fisher metric, ...). The candidate should be keen to discover, through practical experience, the more experimental disciplines that are neurosciences and cognitive sciences. Finally, the candidate will have to master or learn to master a language such as python (`numpy`, `pytorch`, `psychopy`) in order to simulate the MLDS and the MLCM methods. It is possible to continue for a Phd subject to the obtention of funding.

**Details** The existence of a perceptual scale is the hypothesis that a physical parameter is transformed by a non-linear function into a psychological parameter specific to an individual. Such a function makes it possible to account for sensation and sensitivity to changes in the physical parameter. The MLDS method [2] has been proposed to measure such a perceptual scale. This method hypothesizes that to judge the relative difference between two pairs of stimuli  $(s_1, s_2)$  and  $(s_2, s_3)$  an observer will compare the differences between these stimuli  $\delta = |\psi(s_1) - \psi(s_2)| - |\psi(s_2) - \psi(s_3)|$  where  $\psi$  is the hypothetical perceptual scale. Moreover, this difference is corrupted by Gaussian noise of variance  $\sigma > 0$ . So the random variable  $\Delta = \delta + \sigma N$  where  $N$  is a standard Gaussian variable is the variable that controls the observer’s decision. If  $\Delta > 0$  then he will judge  $(s_2, s_3)$  to be more similar than  $(s_1, s_2)$ . By carrying out an experiment comparing numerous pairs for a given parameter  $s$  on a bounded domain, the  $\psi$  function can be reconstructed. The MLCM method [1] is a tentative of extension of the MLDS method that aims specifically at quantifying the contributions of different physical quantities to perception. In this internship, the goal is : (i) to generalize the MLDS approach directly to dimension 2 by aiming at reconstructing a perceptual surface; (ii) to quantify numerically the minimum amount of data required for reconstruction; and (iii) to understand the relation with MLCM.

MLDS Experiment.  
Comparison of pairs of textures.

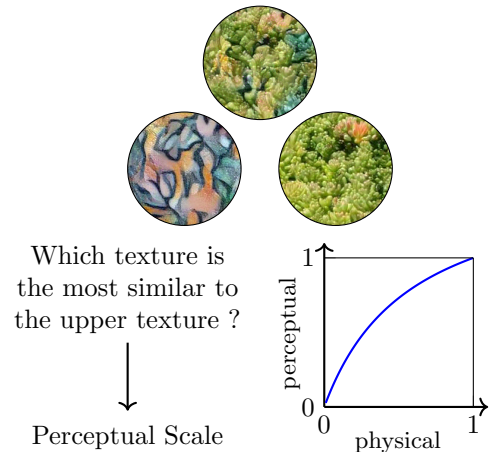


Figure 1: Experimental protocol to estimate the perceptual scale.

## De l'Échelle Perceptive à la Surface Perceptive

### Offre de Stage de Master 2

*Encadrant.e-s: Jonathan Vacher, MAP5 (UMR 8145), UP Cité, jonathan.vacher@u-paris.fr*

**Domaine** L'étude de la perception visuelle se situe à l'interface des neurosciences, des sciences cognitives et des mathématiques appliquées. Pour comprendre le système visuel, il faut s'intéresser au signal cérébral et à la sensation subjective qu'un stimulus engendre. Ceci requiert non seulement la modélisation de ces signaux et sensations mais aussi une compréhension fine des méthodes expérimentales employées.

**Encadrant·s** Jonathan Vacher est Maître de Conférence à Université Paris Cité au laboratoire MAP5 dans l'équipe Traitement d'Images. Il a fait sa thèse à l'interface entre les neurosciences et les mathématiques appliquées sous la direction de Gabriel Peyré et Cyril Monier. Il a ensuite effectué un postdoctorat à New-York sous la direction de Ruben Coen-Cagli. Il collabore depuis régulièrement avec Pascal Mamassian qui est directeur de recherche CNRS à l'École Normale Supérieure et est directeur du Laboratoire des Systèmes Perceptifs (LSP). Ce travail sera conduit en collaboration avec Andrew Meso enseignant-chercheur au King's College London.

**Objectif** L'objectif de ce stage est d'explorer théoriquement et numériquement la méthode Maximum Likelihood Difference Scaling (MLDS) [1] (voir Figure 1) et la méthode Maximum Likelihood Conjoint Measurement (MLCM) [2]. Ces méthodes seront essentielles pour mieux comprendre la perception visuelle.

**Profil du candidat ou de la candidate** Le candidat ou la candidate s'intéresse aux probabilités et aux statistiques, à la vision par ordinateur et/ou aux sciences cognitives et plus spécifiquement à la perception visuelle. Des connaissances pratiques en probabilités appliquées [3] sont attendues, avec un intérêt pour la théorie de l'information et sa géométrie (transport optimal, métrique de Fisher, ...). Le candidat ou la candidate a envie de découvrir, par l'expérience pratique, les disciplines plus expérimentales que sont les neurosciences et les sciences cognitives. Enfin, le candidat ou la candidate doit maîtriser ou apprendre à maîtriser un langage tel que python (`numpy`, `pytorch`, `psychopy`) afin de simuler les méthodes MLDS et MLCM. Il est possible de poursuivre en doctorat sous réserve de l'obtention d'un financement.

**Détails** L'existence d'une échelle perceptive est l'hypothèse selon laquelle un paramètre physique est transformé par une fonction non linéaire en un paramètre psychologique propre à un individu. Une telle fonction permet de rendre compte de la sensation et de la sensibilité aux changements du paramètre physique. La méthode MLDS [2] a été proposée pour mesurer une telle échelle perceptive. Cette méthode pose l'hypothèse que pour juger de la différence relative entre deux paires de stimuli  $(s_1, s_2)$  et  $(s_2, s_3)$  un observateur comparera les différences entre ces stimuli  $\delta = |\psi(s_1) - \psi(s_2)| - |\psi(s_2) - \psi(s_3)|$  où  $\psi$  est l'échelle perceptive hypothétique. De plus, cette différence est corrompue par un bruit gaussien de variance  $\sigma > 0$ . Ainsi, la variable aléatoire  $\Delta = \delta + \sigma N$  où  $N$  est une variable gaussienne standard est la variable qui contrôle la décision de l'observateur. Si  $\Delta > 0$  alors il jugera  $(s_2, s_3)$  plus semblable que  $(s_1, s_2)$ . En réalisant une expérience comparant de nombreux couples pour un paramètre  $s$  donné sur un domaine borné, la fonction  $\psi$  peut être reconstruite. La méthode MLCM [1] est une tentative d'extension de la méthode MLDS qui vise spécifiquement à quantifier les contributions de différentes quantités physiques à la perception. Dans ce stage, l'objectif est : (i) de généraliser l'approche MLDS directement à la dimension 2 en visant à reconstruire une surface perceptive ; (ii) de quantifier numériquement la quantité minimale de données nécessaires à la reconstruction ; et (iii) de comprendre la relation avec MLCM.

## References

- [1] Kenneth Knoblauch et al. "Maximum likelihood conjoint measurement". In: *Modeling psychophysical data in R* (2012), pp. 229–256.
- [2] Laurence T Maloney and Joong Nam Yang. "Maximum likelihood difference scaling". In: *Journal of Vision* 3.8 (2003), pp. 5–5.
- [3] Wei Ji Ma, Konrad Paul Kording, and Daniel Goldreich. *Bayesian Models of Perception and Action: An Introduction*. MIT press, 2023.