

Modélisation de l'ambiguïté d'une multi-stabilité visuelle

Kevin Parisot^{1,2}, Alan Chauvin², Ronald Phlypo¹ & Steeve Zozor¹

¹Grenoble Image Parole Signal Automatique Laboratoire (Gipsa-lab), ²Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (LPNC)

@ : kevin.parisot@gipsa-lab.grenoble-inp.fr



I. Phénomène

- Multi-stabilité visuelle = stimulus stationnaire + perception variable au cours du temps
- Percept = état de la perception visuelle quasi-stable

Motivation : comprendre les dynamiques perceptives pendant l'observation d'un stimulus multi-stable

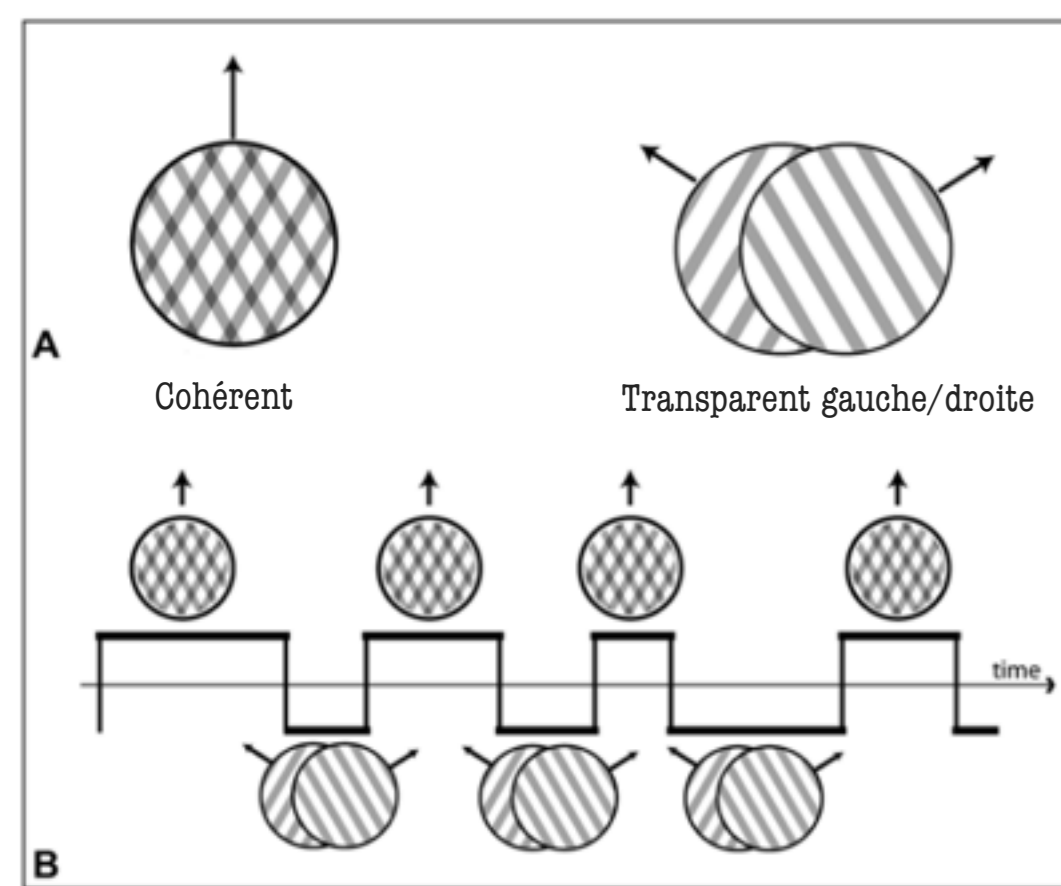


Fig. Ia. A. Schéma des percepts d'un Plaid en mouvement tri-stable. B. Schéma du dérours temporel d'une perception multi-stable avec le Plaid en mouvement.

Rubin, N., & Hupé, J. M. (2005). Dynamics of perceptual bistability: Plaids and binocular rivalry compared. *Binocular rivalry*, 187-194.

Variable aléatoire $X \in \{c, g, d\}$ avec le percepts cohérent (c), transparent gauche (g) et transparent droite (d), tous mutuellement incompatibles.

Objectif : introduire un modèle d'observateur psychophysique

Paramètres manipulables :

- Transparence de la grille se déplaçant vers la droite : α_d
- Transparence de la grille se déplaçant vers la gauche : α_g
- Exploration de la première perception des sujets en variant les paramètres $\alpha = (\alpha_g, \alpha_d) \in [0, 1]^2$.

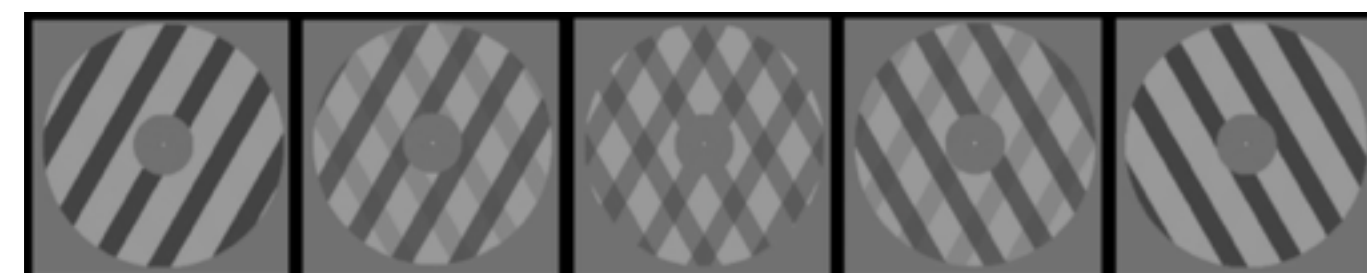


Fig. Ib. Exemples de plaids générés avec des valeurs de transparence : $\alpha_d = [0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]$ et $\alpha_g = 1 - \alpha_d$

II. Identification des percepts

Hypothèse : manipulation des transparences (α_d, α_g) → induction des percepts des sujets.

Protocole expérimental :

- Génération d'échantillons indépendants de $\alpha = (\alpha_g, \alpha_d)$ distribués uniformément sur $[0, 1]^2$
- Présentation jusqu'à 5 secondes pendant un essai,
- 9 participants ; 10 blocs de 50 essais = 4500 essais,
- Réponses avec la souris dans une zone en périphérie du stimulus pour indiquer la direction de fuite du mouvement du 1^{er} percept,
- Angle du percept cohérent tiré uniformément sur 360 degrés.

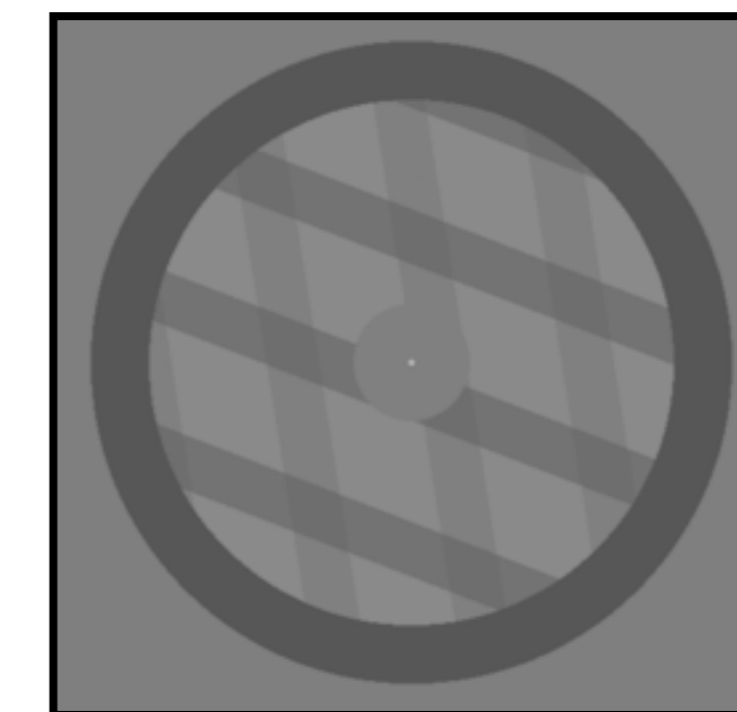


Fig. IIa. Exemple d'un plaid présenté dans l'expérience 1 avec des orientations tirées aléatoirement et une zone de réponse souris.

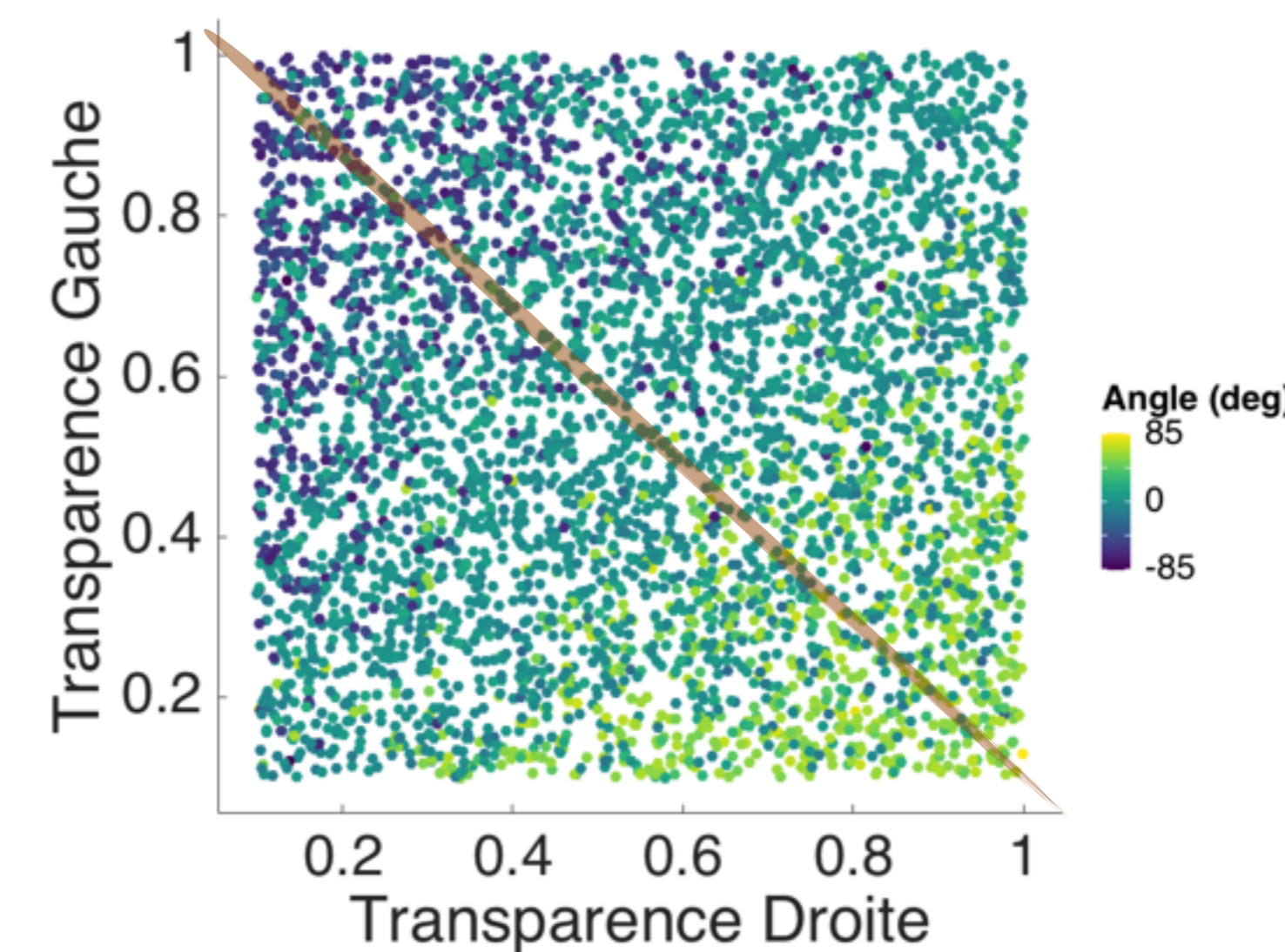


Fig. IIb. Angles des réponses relatives à l'angle du percept cohérent en fonction des transparences.

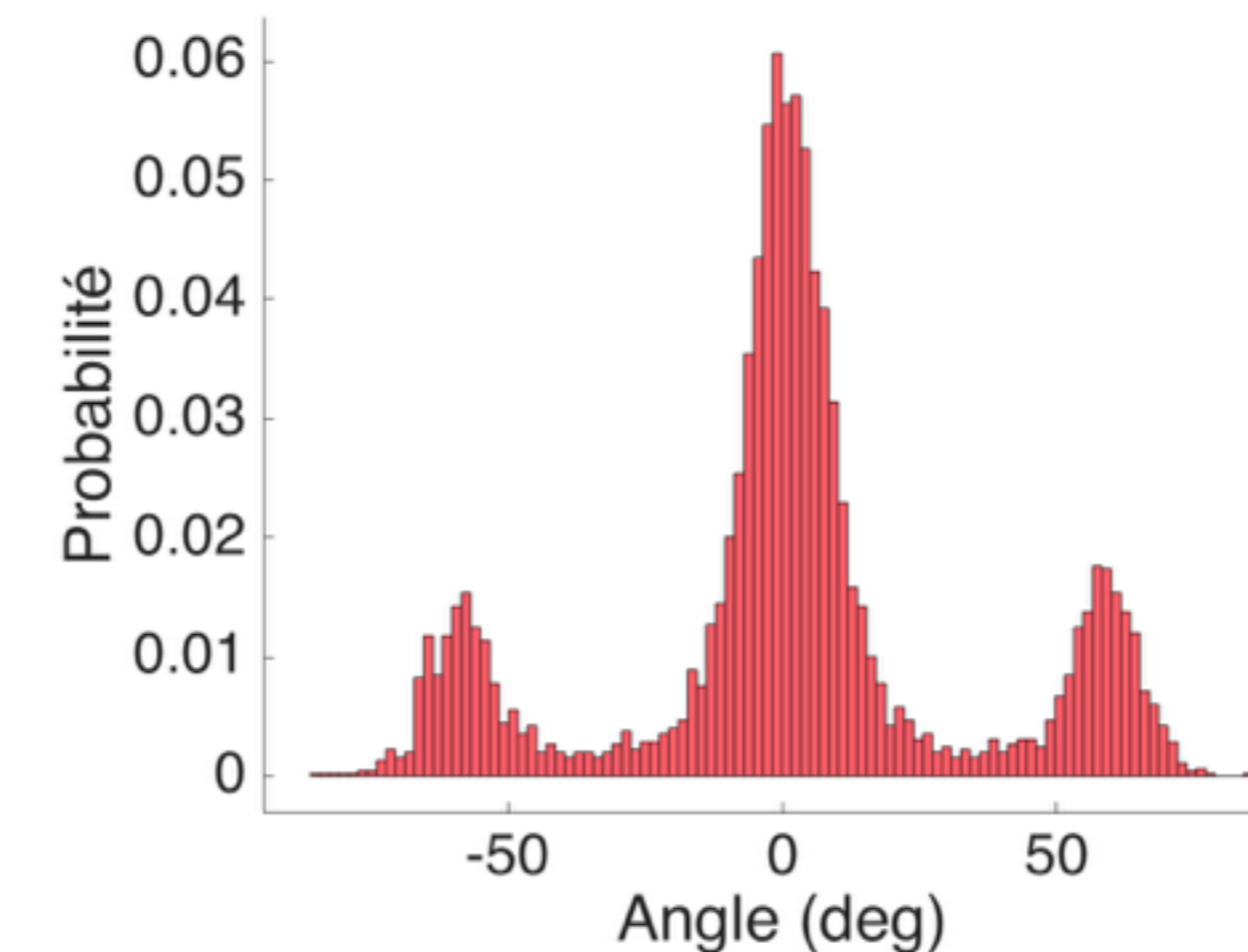


Fig. IIc. Histogrammes des réponses sujets. Les angles ont été recalés par rapport à l'angle du percept cohérent c .

Résultats :

- 3 percepts liés aux directions du mouvement et identifiables en fonction de α .
- Réduction des paramètres de manipulation en suivant l'axe $\alpha_g + \alpha_d = 1$
- Nous dénommerons l'unique paramètre de présentation $\alpha = \alpha_d$ pour simplifier la notation.

III. Modélisation d'observateur psychophysique

Modèle d'observateur psychophysique :
Réduction des paramètres de contrôle du stimulus

Mesure = temps de résidence dans un percept (t_d, t_g, t_c) + normalisation au temps d'observation total
→ probabilité empirique pour le percept de transparence droite $p(X = d|\alpha)$.

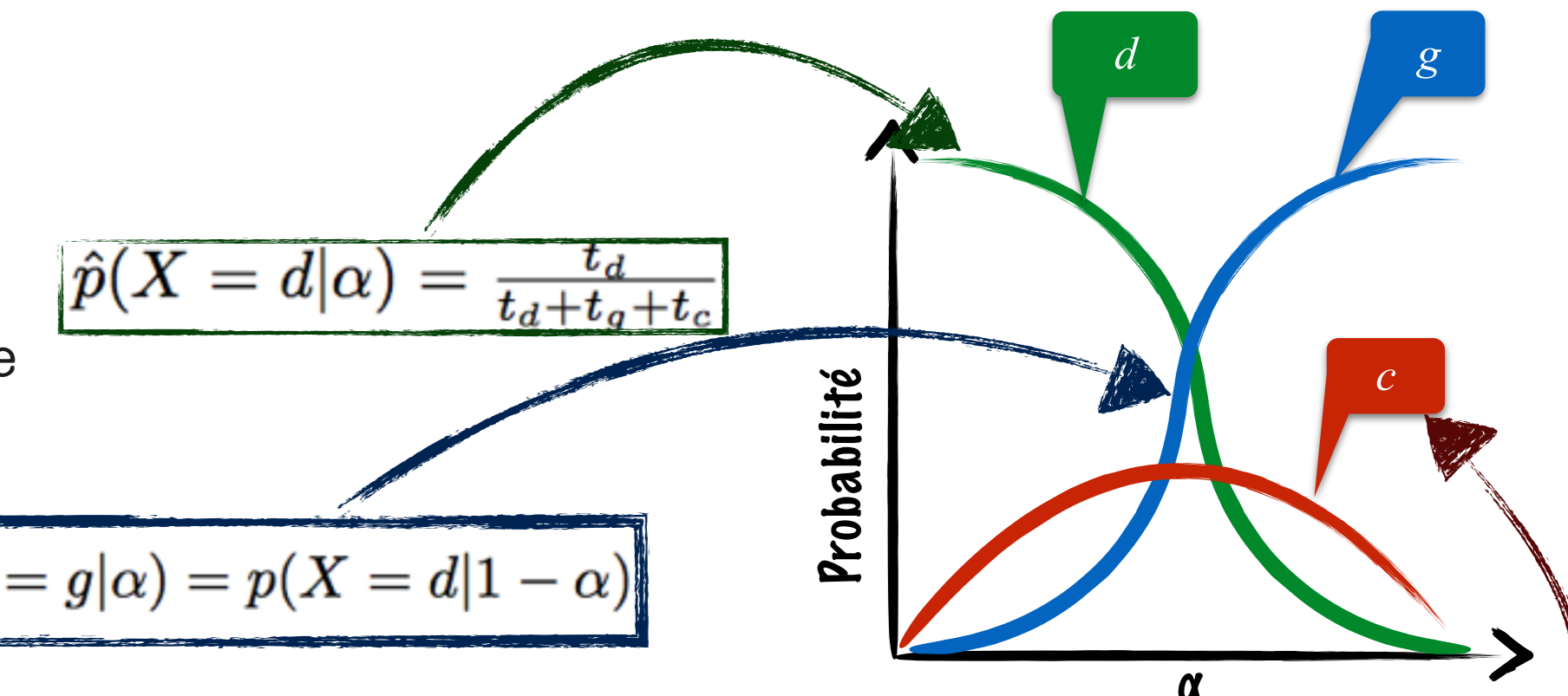


Fig. IIIa. Représentation schématique du modèle d'observateur psychophysique tri-stable.

Symétrie gauche/droite = courbes symétriques sur $\alpha = 0.5$, donc percept opposé :

$$p(X = g|\alpha) = p(X = d|1 - \alpha)$$

Complémentarité = exclusivité mutuelle

+ seules ces 3 possibilités (g, d, c) :

$$p(X = c|\alpha) + p(X = d|\alpha) + p(X = g|\alpha) = 1$$

Définir une courbe paramétrique $p(X = d|\alpha)$ → ensemble des probabilités par symétrie et complémentarité.

Le modèle que l'on utilise est la fonction **sigmoïde**, classique en psychométrie :

$$p(X = d|\alpha, \theta) = \frac{1}{1 + e^{-\theta_1(\alpha - \frac{1}{2}) + \theta_2}}$$

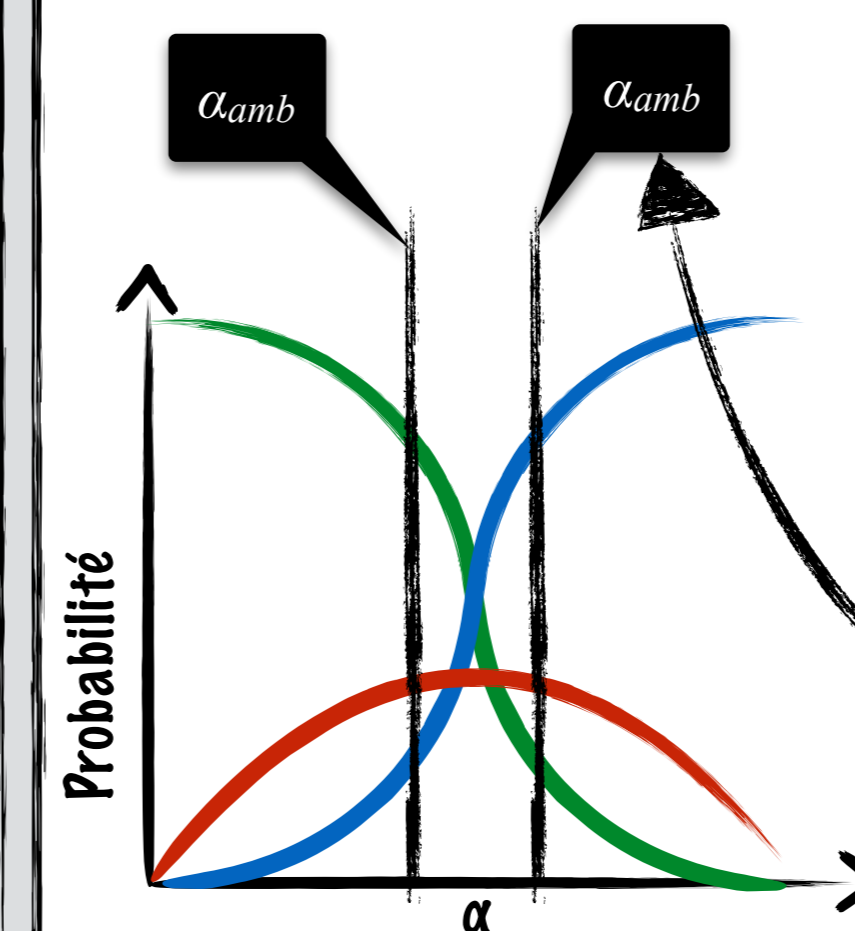


Fig. IIIb. Représentation schématique du modèle d'observateur psychophysique tri-stable avec points d'ambiguïté maximale.

Estimation des paramètres du modèle :

Afin de déterminer les paramètres optimaux nous utilisons ici l'estimateur de **maximum de vraisemblance** θ_m .

Ambiguïté maximale :

On dérive ainsi l'expression suivante qui permet d'identifier l'**ambiguïté maximale** α_{amb} , qui admet une solution uniquement si $e^{\theta_2} - 2e^{-\theta_2} \geq 1$ ou $\theta_2 \geq \ln(2)$.

$$\alpha_{amb} = \frac{1}{2} \pm \frac{\cosh^{-1}(e^{\theta_2} - 2e^{-\theta_2})}{\theta_1}$$

Modèle d'observateur psychophysique + méthode d'estimation + approche expérimentale = échantillonnage efficace.

Etudes sur le plaid → évolution temporelle de la perception face à un stimulus ambigu.
1^{er} percept = cas particulier → exploité pour gagner en efficacité sur la procédure d'estimation de θ .

IV. De la transparence à l'ambiguïté

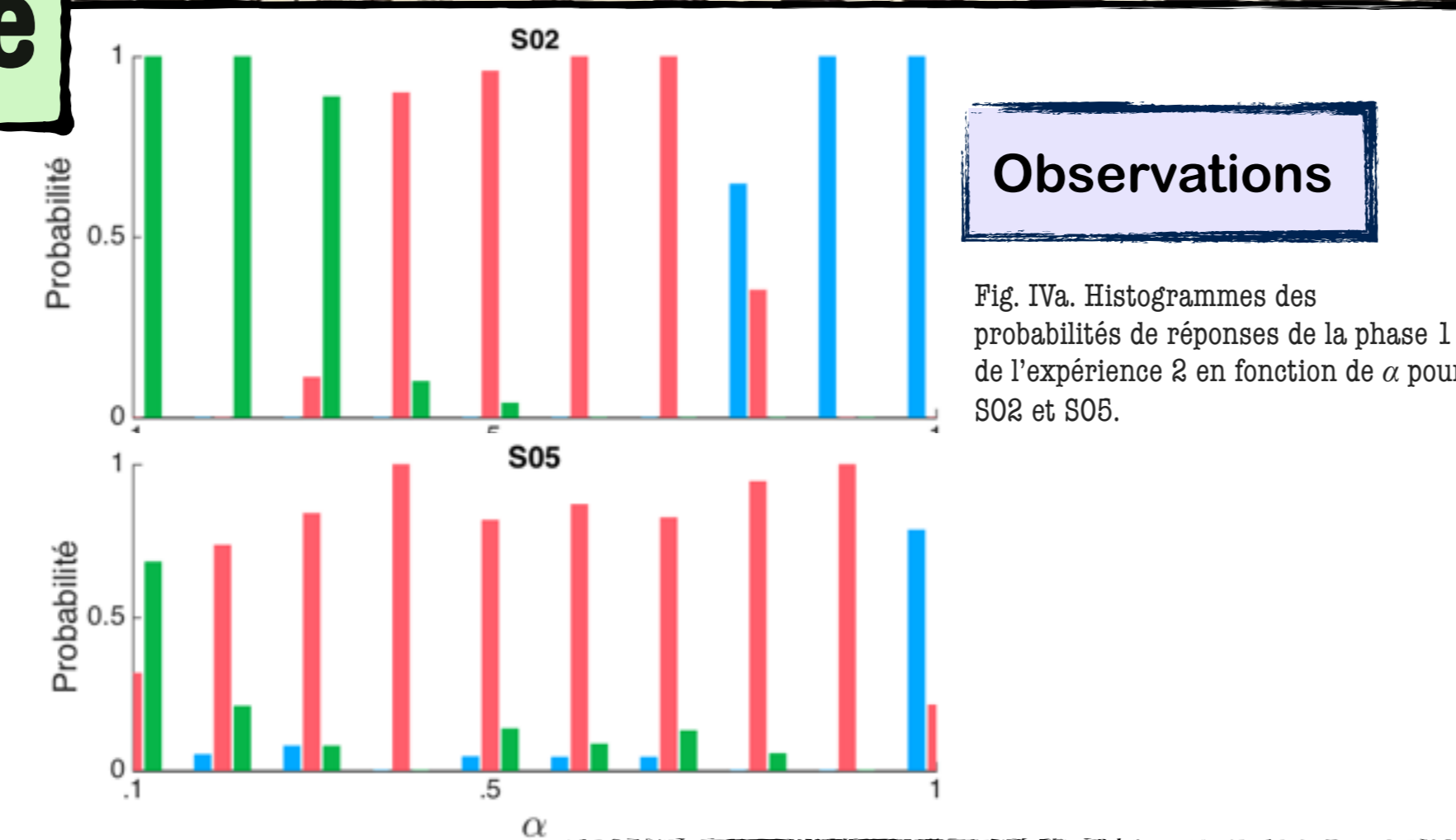
Protocole expérimental :

- Phase 1.** échantillonnage uniforme de α : 200 essais courts,
- Phase 2.** échantillonnage normale tronqué ($\sigma = 0, 05$) de α autour des points α_{amb} , estimés en ligne, sur 10 essais de présentation de 2 minutes.
- Les 12 participants devaient indiquer leurs percepts à l'aide des touches du claviers correspondantes.

Résultats :

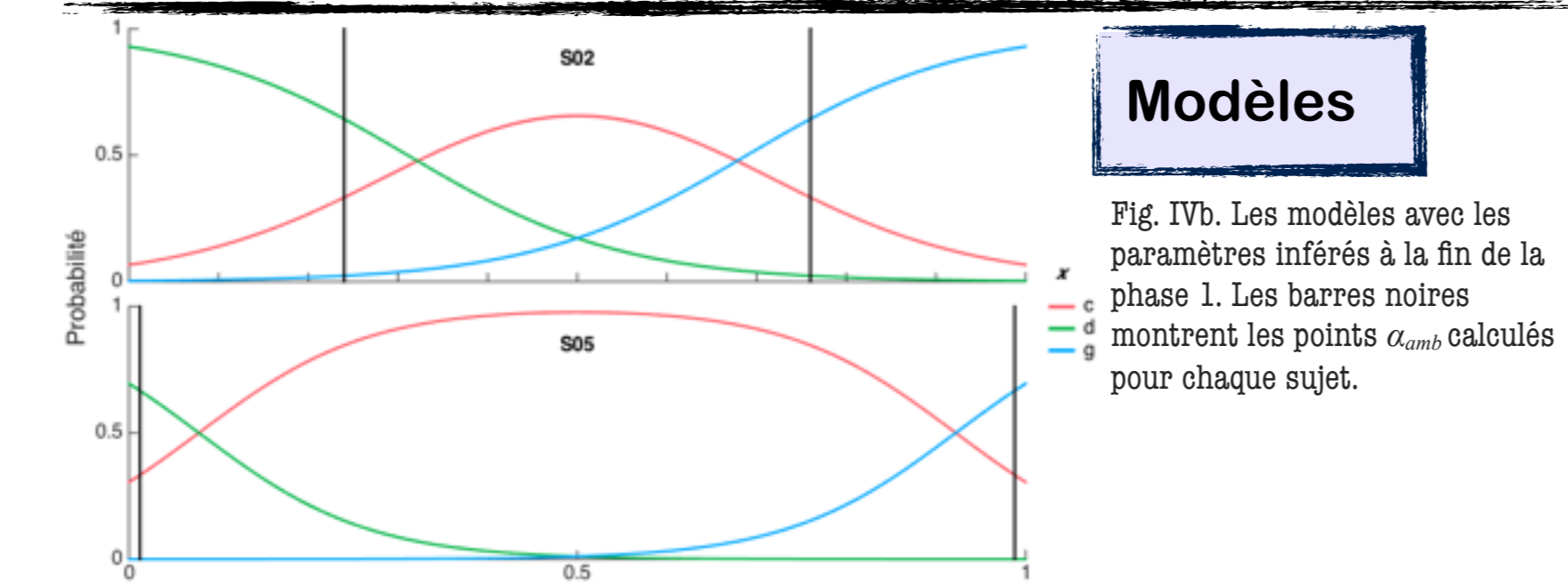
- Identification des paramètres du modèle par sujet pour le 1^{er} percept.
- Paramètres se généralisent au dérours temporel d'une perception multi-stable.

Modèles des sujets → variabilité inter-sujet.
Calibration du stimulus pour chaque sujet
→ réduction de la variabilité inter-sujet.



Observations

Fig. IVa. Histogrammes des probabilités de réponses de la phase 1 de l'expérience 2 en fonction de α pour S02 et S05.



Modèles

Fig. IVb. Les modèles avec les paramètres inférés à la fin de la phase 1. Les barres noires montrent les points α_{amb} calculés pour chaque sujet.

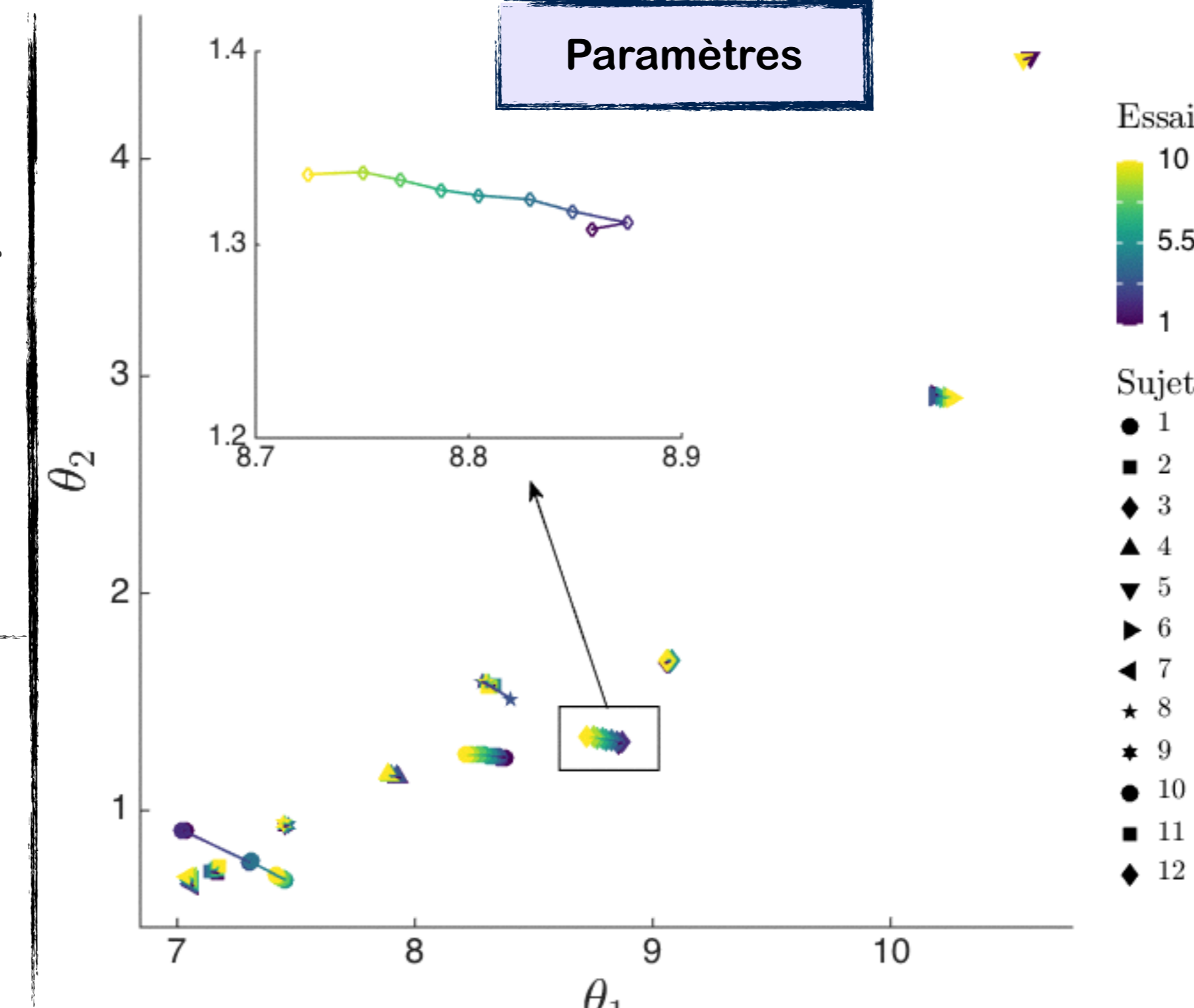


Fig. IVc. Évolution des paramètres θ au cours de l'échantillonnage dans la phase 2 pour tous les sujets. L'évolution de l'estimation des paramètres de S03 est agrandie.

V. Conclusions

- Méthode de manipulation de l'état perceptif** de participants pour plaid en mouvement tri-stable.
- Expérience 1** : la manipulation de l'état perceptif se réduit à un paramètre de transparence.
- Modélisation** : proposition d'un modèle d'observateur psychophysique et d'une méthode d'estimation de ses paramètres
- Expérience 2** : estimation du modèle pour chaque participant en ligne et analyse de sa généralisation à une observation multi-stable.

Ces méthodes permettent de contrôler le niveau d'ambiguïté perçue pour qu'il soit maximal.
Elles permettrons de tester des hypothèses d'influences de systèmes (moteur, émotionnel, etc) en interaction avec celui-ci.