

Bases neurales de la représentation de l'espace péripersonnel et de la prédiction d'impact au corps



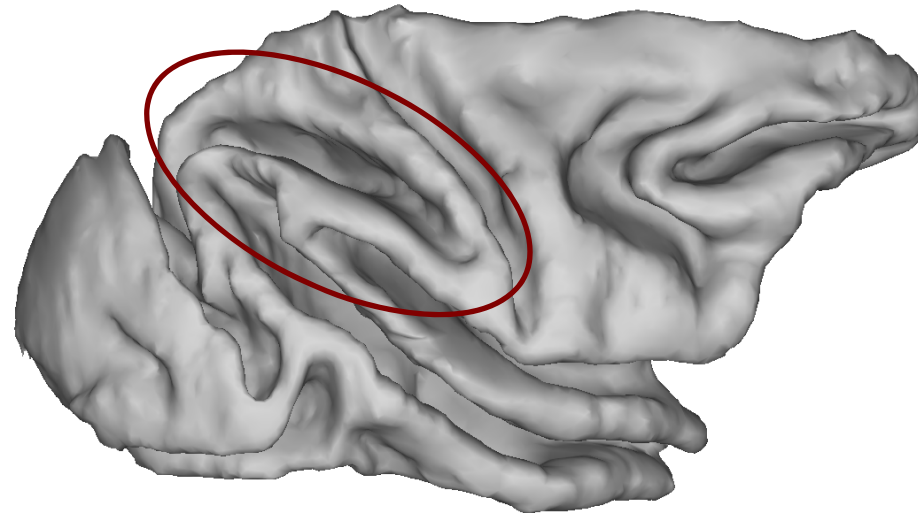
Suliann Ben Hamed

*Neural bases of spatial cognition
and action team*

LYON, FRANCE

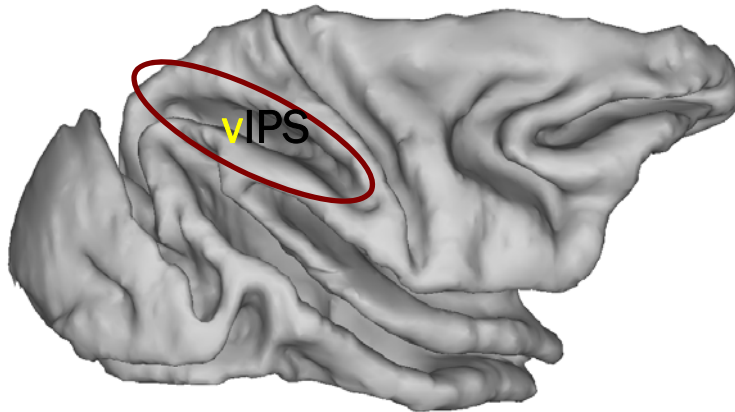
CERIMED, 22 JANVIER 2016

Rôle du cortex pariétal dans la représentation de l'espace



- Neuropsychologie
- IRMf
- Electrophysiologie

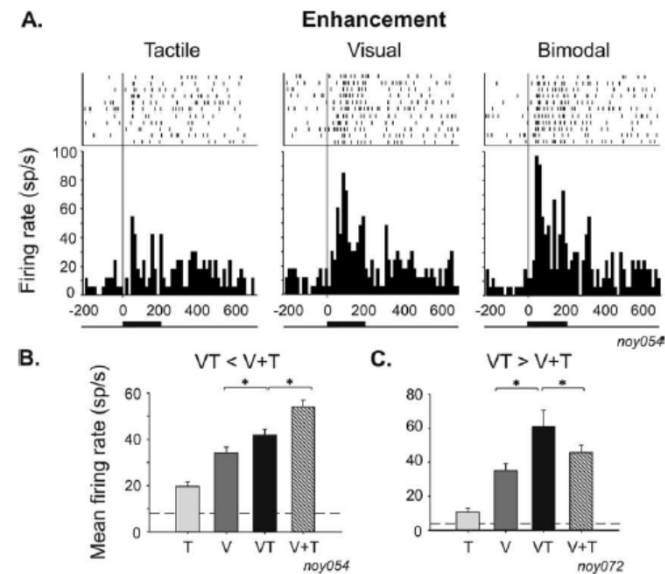
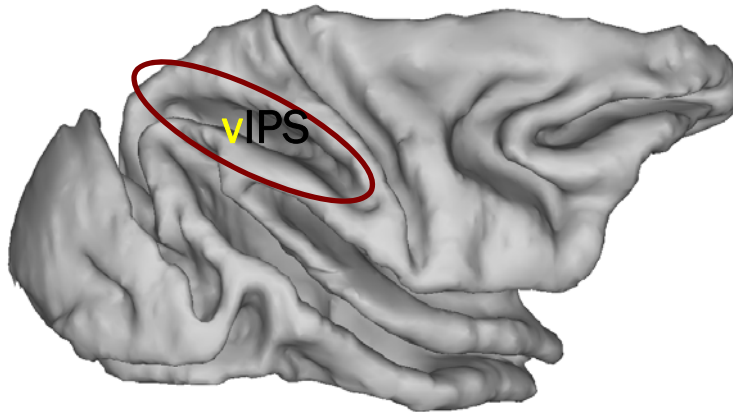
L'aire ventrale latérale intrapariétale



- Réponses visuelles
 - Grand champ (Duhamel et al. 1998)
 - Mais également dans l'espace péripersonnel proche (Bremmer et al., 2013)
- Réponses tactiles
 - Surtout sur la face et les épaules (Duhamel et al., 1998)
- Réponses auditives
 - Bruit blanc autour de la tête (Schaleck et al., 2005)
- Réponses vestibulaires
 - Stimulations optokinétiques (Bremmer et al., 2002)
 - Stimulations vestibulaires (Gu et al., 2011)

L'aire ventrale latérale intrapariétale

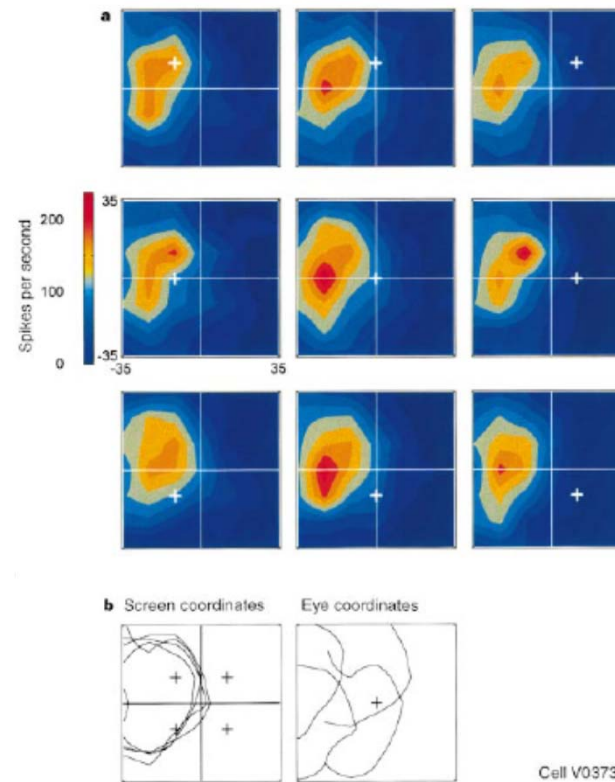
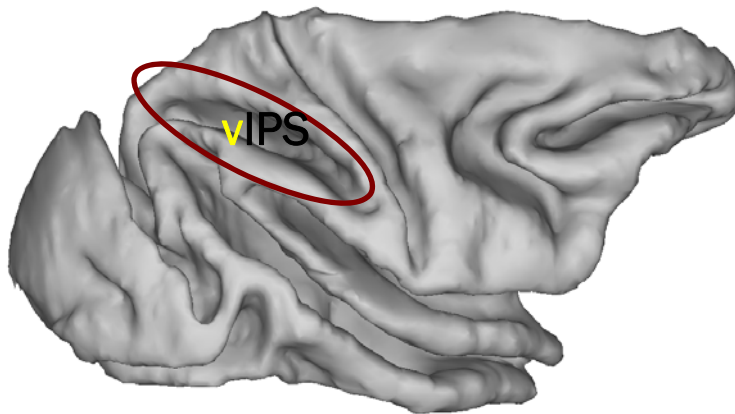
- Site de convergence multisensorielle
- Site d'intégration multisensorielle



Avillac et al. 2007

L'aire ventrale latérale intrapariétale

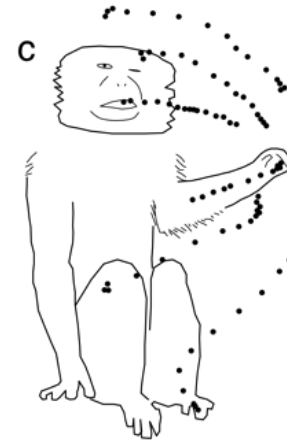
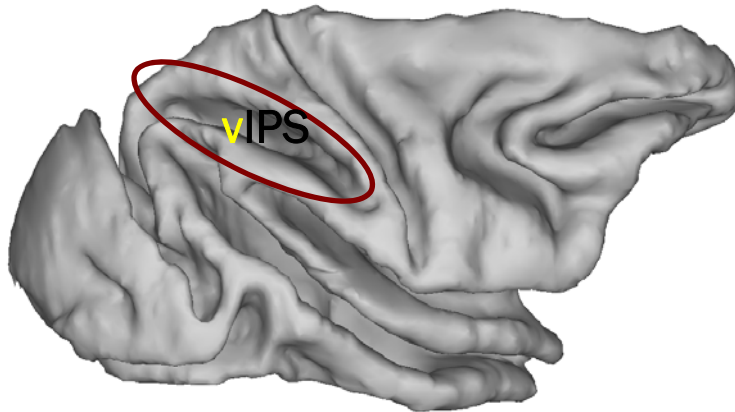
- Représentation de l'espace en coordonnées craniotopiques



Duhamel et al. 1997

L'aire ventrale latérale intrapariétale

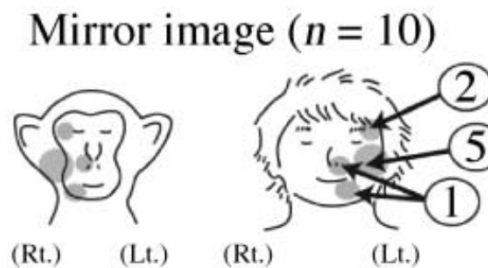
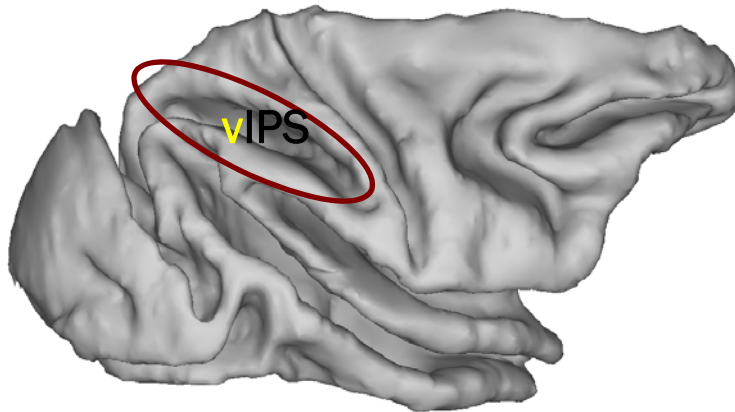
- Participation à la défense de l'espace péripersonnel



Cooke et al. 2003

L'aire ventrale latérale intrapariétale

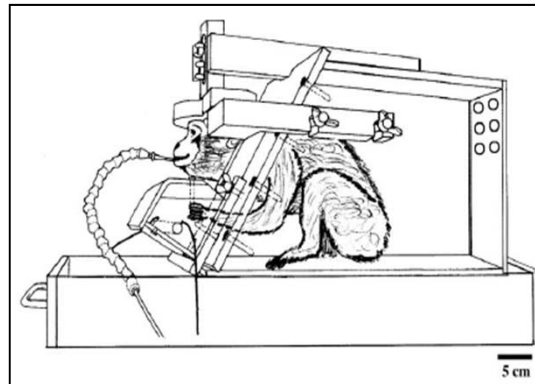
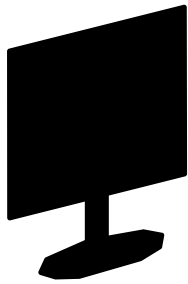
- Participation à la représentation ducorps d'autrui



Ishida et al. 2010

1. Convergence multisensorielle dans le cortex pariétal
 - Question de la variabilité inter-individuelle
2. Convergence multisensorielle à l'échelle corticale
 - Question de l'interprétation des activations corticales identifiées par IRMf
3. Prédiction d'impact au visage
 - Question de la caractérisation de processus sous-liminaires et intégratifs
4. Interactions entre codage de l'espace péripersonnel et espace lointain
 - Exemple d'une étude IRMf en conditions « écologiques »

Chez le primate non-humain, en comportement

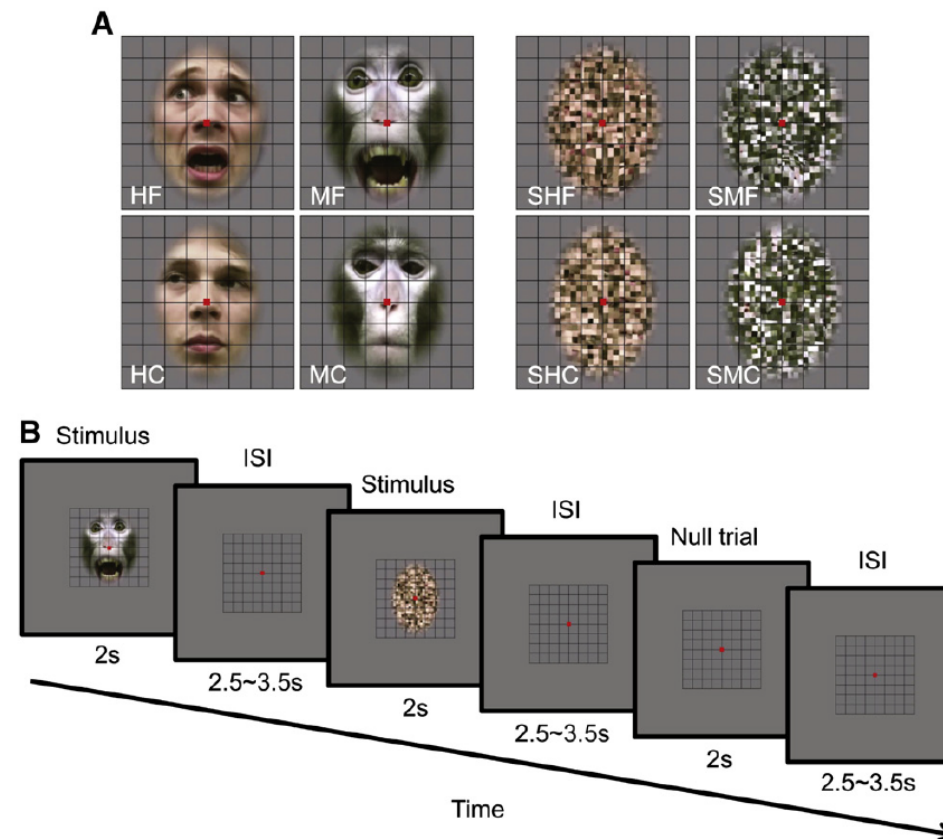


- Comparaisons fonctionnelles homme – primate non-humain
- Aller-retour avec les approches d'enregistrements unitaires

Dissimilar processing of emotional facial expressions in human and monkey temporal cortex



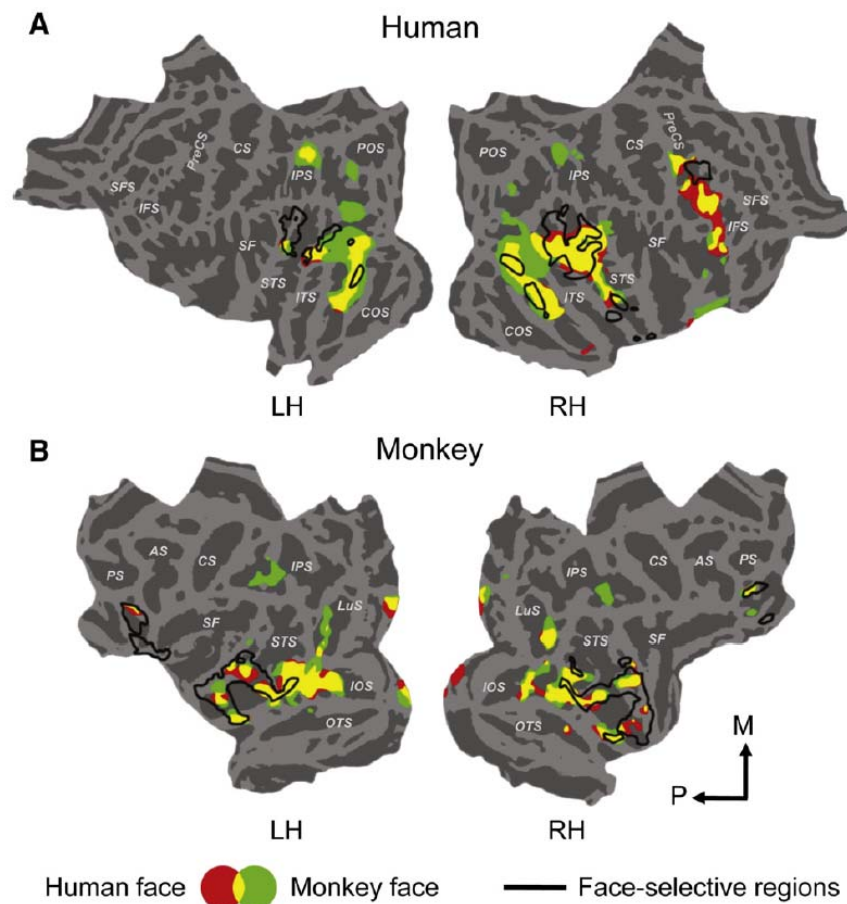
Qi Zhu ^{a,1}, Koen Nelissen ^{a,b,1}, Jan Van den Stock ^{c,d,1}, François-Laurent De Winter ^d, Karl Pauwels ^a, Beatrice de Gelder ^{b,c,d}, Wim Vanduffel ^{a,b,*}, Mathieu Vandenbulcke ^d



Dissimilar processing of emotional facial expressions in human and monkey temporal cortex



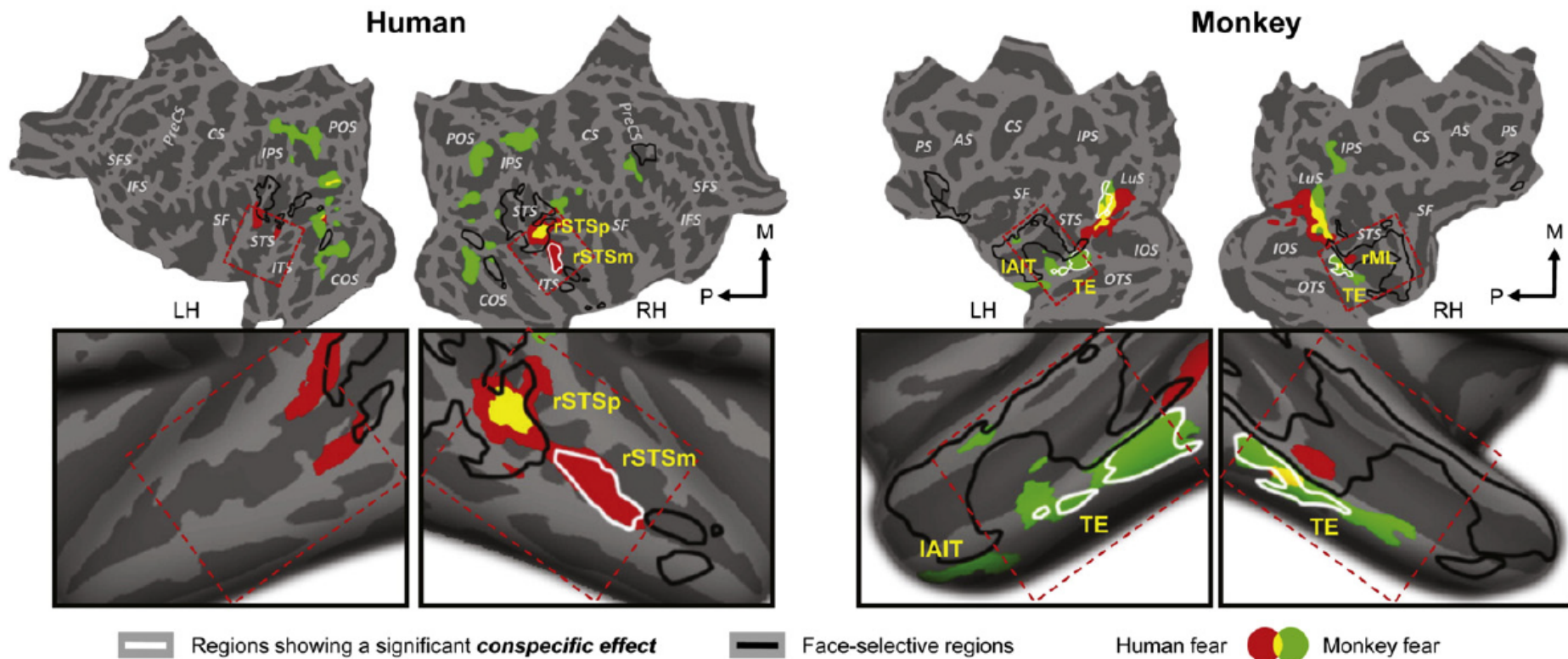
Qi Zhu ^{a,1}, Koen Nelissen ^{a,b,1}, Jan Van den Stock ^{c,d,1}, François-Laurent De Winter ^d, Karl Pauwels ^a,
Beatrice de Gelder ^{b,c,d}, Wim Vanduffel ^{a,b,*}, Mathieu Vandenbulcke ^d



Dissimilar processing of emotional facial expressions in human and monkey temporal cortex

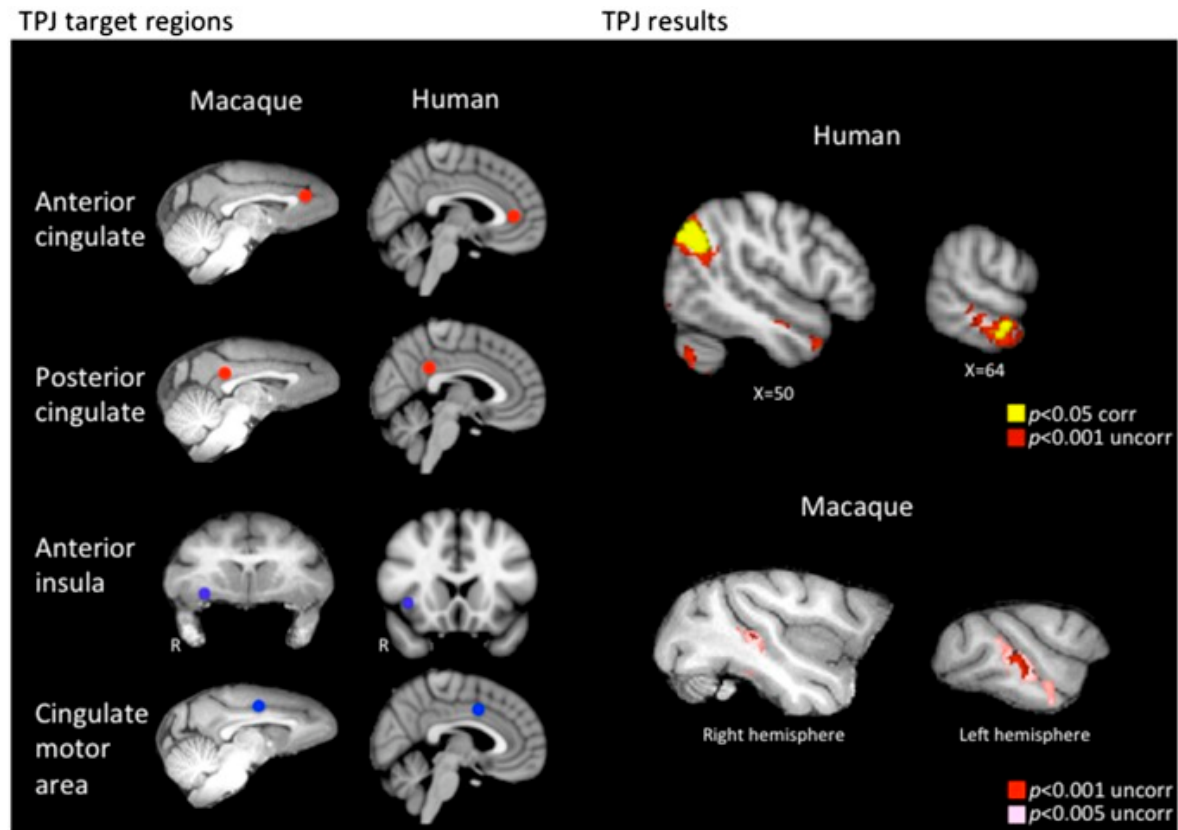


Qi Zhu ^{a,1}, Koen Nelissen ^{a,b,1}, Jan Van den Stock ^{c,d,1}, François-Laurent De Winter ^d, Karl Pauwels ^a,
Beatrice de Gelder ^{b,c,d}, Wim Vanduffel ^{a,b,*}, Mathieu Vandenberghe ^d



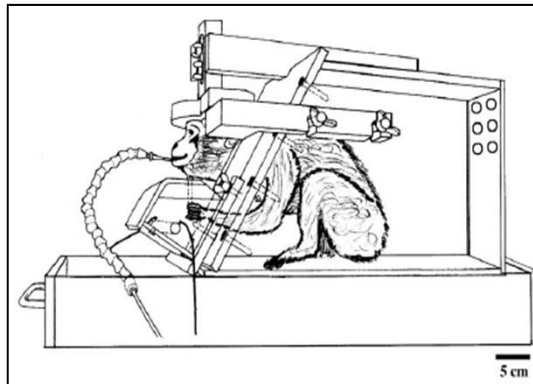
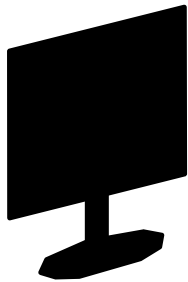
Connectivity profiles reveal the relationship between brain areas for social cognition in human and monkey temporoparietal cortex

Rogier B. Mars^{a,b,1,2}, Jérôme Sallet^{a,1}, Franz-Xaver Neubert^a, and Matthew F. S. Rushworth^{a,b}



10806–10811 | PNAS | June 25, 2013 | vol. 110 | no. 26

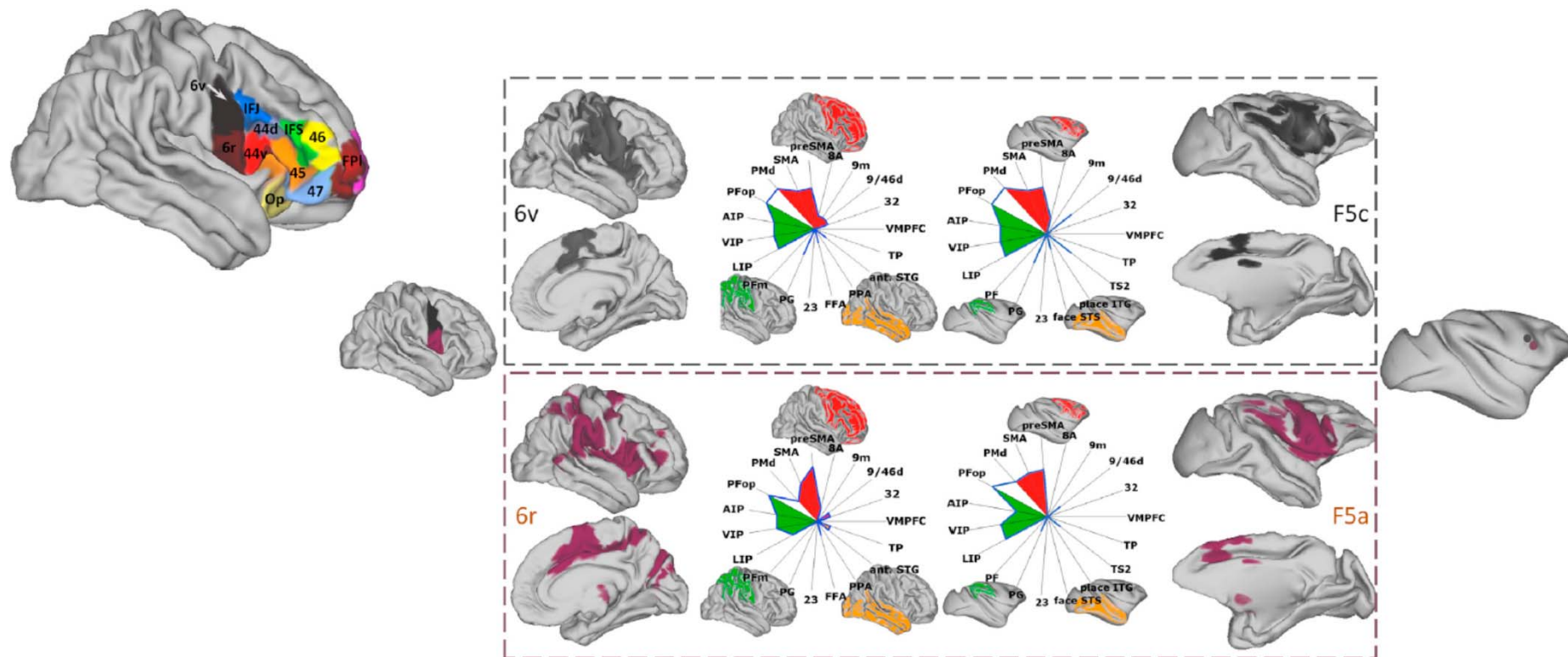
Chez le primate non-humain, en comportement



- Comparaisons fonctionnelles homme – primate non-humain
- Aller-retour avec les approches d'enregistrements unitaires
- Approche multimodale
 - Lésions (réversibles ou permanentes) **ciblées**
 - Stimulations **ciblées**
 - Corrélations avec le comportement
 - 'Anatomie fonctionnelle'

Comparison of Human Ventral Frontal Cortex Areas for Cognitive Control and Language with Areas in Monkey Frontal Cortex

Franz-Xaver Neubert,^{1,*} Rogier B. Mars,^{1,2} Adam G. Thomas,^{2,3} Jerome Sallet,¹ and Matthew F.S. Rushworth^{1,2}



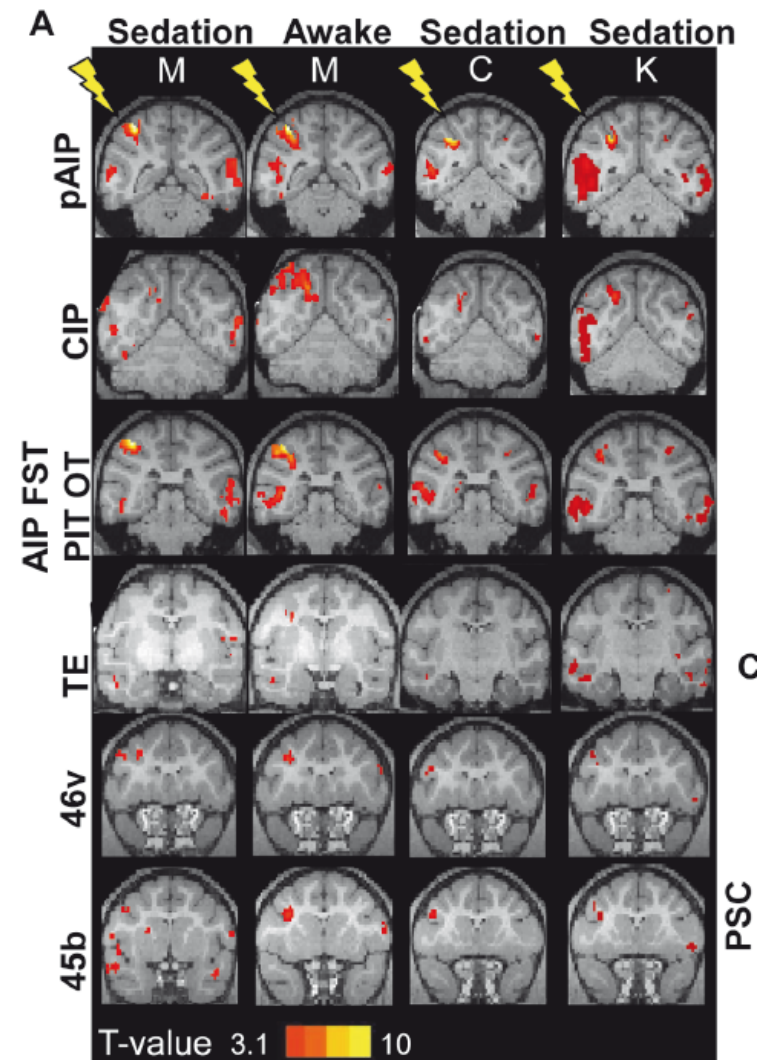
Neuron 81, 700–713, February 5, 2014 ©2014 Elsevier Inc.

RESEARCH ARTICLE

Effective Connectivity of Depth-Structure– Selective Patches in the Lateral Bank of the Macaque Intraparietal Sulcus

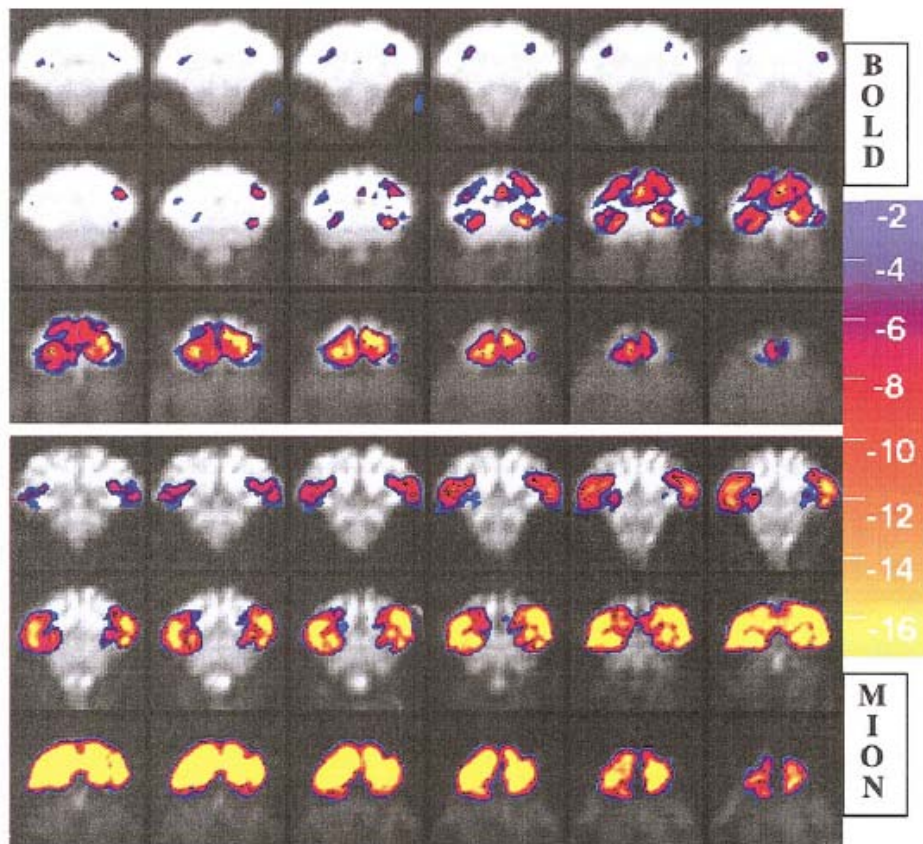
Elsie Premereur¹, Ilse C. Van Dromme¹, Maria C. Romero¹, Wim Vanduffel^{1,2,3},
Peter Janssen^{1*}

PLOS Biology | DOI:10.1371/journal.pbio.1002072 February 17, 2015



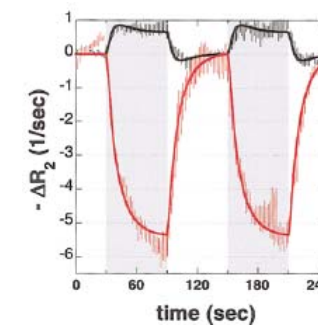
- Deux (trois) difficultés
 - La taille du cerveau comparativement au cerveau humain
 - La difficulté de l'entraînement et de la stabilisation du comportement en environnement IRM
 - Difficulté d'interprétation des effets de l'anesthésie et effets très différents en fonction des anesthésiques et des doses !
 - Effets non-homogènes en fonction du réseau fonctionnel
 - Entre régions corticales et sous-corticales
 - Entre espèces ...

- Pb 1: Nécessite d'utiliser un agent de contraste (nanoparticule d'oxyde de fer monocristalline, MION, e.g. Feraheme à 8-10 mg/kg)



1 run de 4.5 min, 2 cycles de 60s de stimulation,
2 cycles de 60s de baseline

Leite et al., 2002



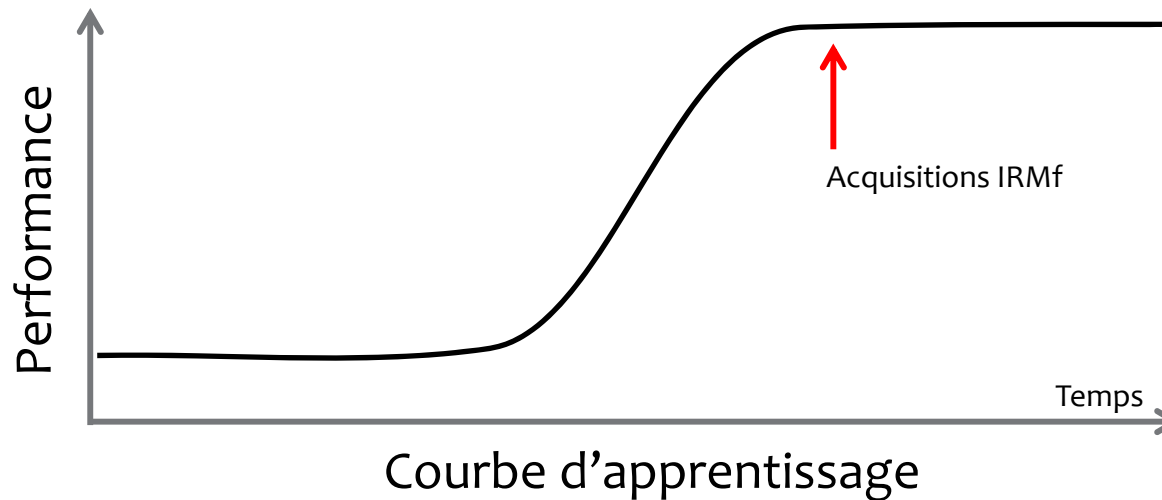
Taux de relaxation presque 7 fois supérieurs
en **MION** qu'en BOLD
(2 cycles de 60s de stimulation,
1 cycles de 60s de baseline)



Adapter la hrf dans la modélisation

- Pb 1: Nécessite d'utiliser un agent de contraste (nanoparticule d'oxyde de fer monocristalline, MION, e.g. Feraheme à 8-10 mg/kg)
- Accumulation du MION dans divers organes: cœur, foie et ... cerveau (problème de déformation et d'inhomogénéité des images acquises, après environ 40 à 50 séances d'acquisition – sujet dépendant)
- Elimination de l'agent de contraste (Desféral, mais problème de protocole d'injection)
- D'où l'idée du protocole d'acquisition en 1 jour / semaine plutôt qu'en blocs de 15 jours (mais pb de comportement)

- Pb 2: Conditionnement
 - Conditionnement à accepter la chaise, la position en sphinx, la fixation de la tête, la minimisation des mouvements corporels → minimisation des artéfacts de mouvements
 - Situation 'passive' : l'animal apprend à fixer, de façon à minimiser les artéfacts de mouvements des yeux
 - Situation 'active': le singe est dans une tâche comportementale e.g. détection, discrimination etc.
 - Interférence de toute nouveauté sur le comportement (nouveau visage, problème machine, etc.)

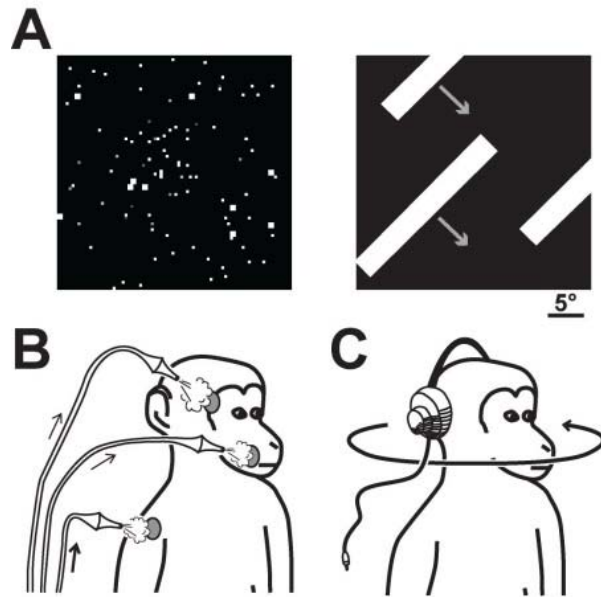


- Acquisitions par blocs de 15 jours
- Acquisitions 1 jours par semaine

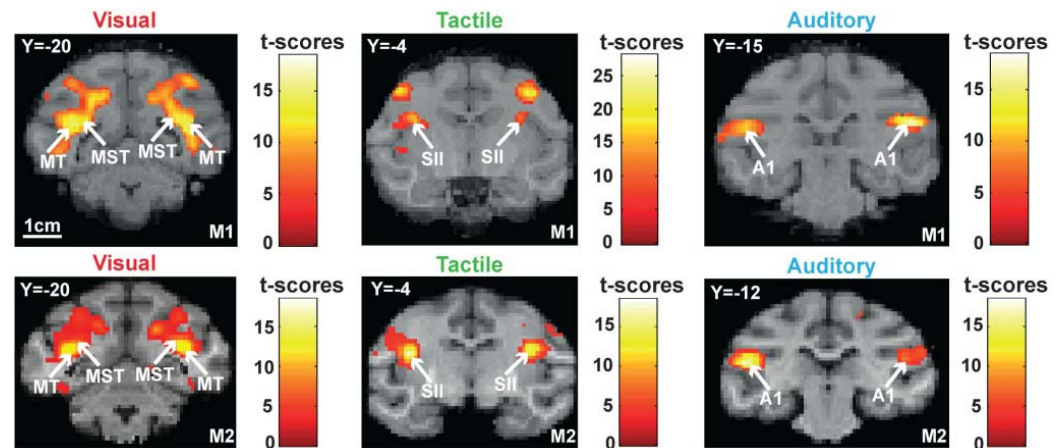
1. Convergence multisensorielle dans le cortex pariétal
 - Question de la variabilité inter-individuelle
2. Convergence multisensorielle à l'échelle corticale
 - Question de l'interprétation des activations corticales identifiées par IRMf
3. Prédiction d'impact au visage
 - Question de la caractérisation de processus sous-liminaires et intégratifs
4. Interactions entre codage de l'espace péripersonnel et espace lointain
 - Exemple d'une étude IRMf en conditions « écologiques »

Convergence multisensorielle dans le cortex pariétal

Stimulations sensorielles



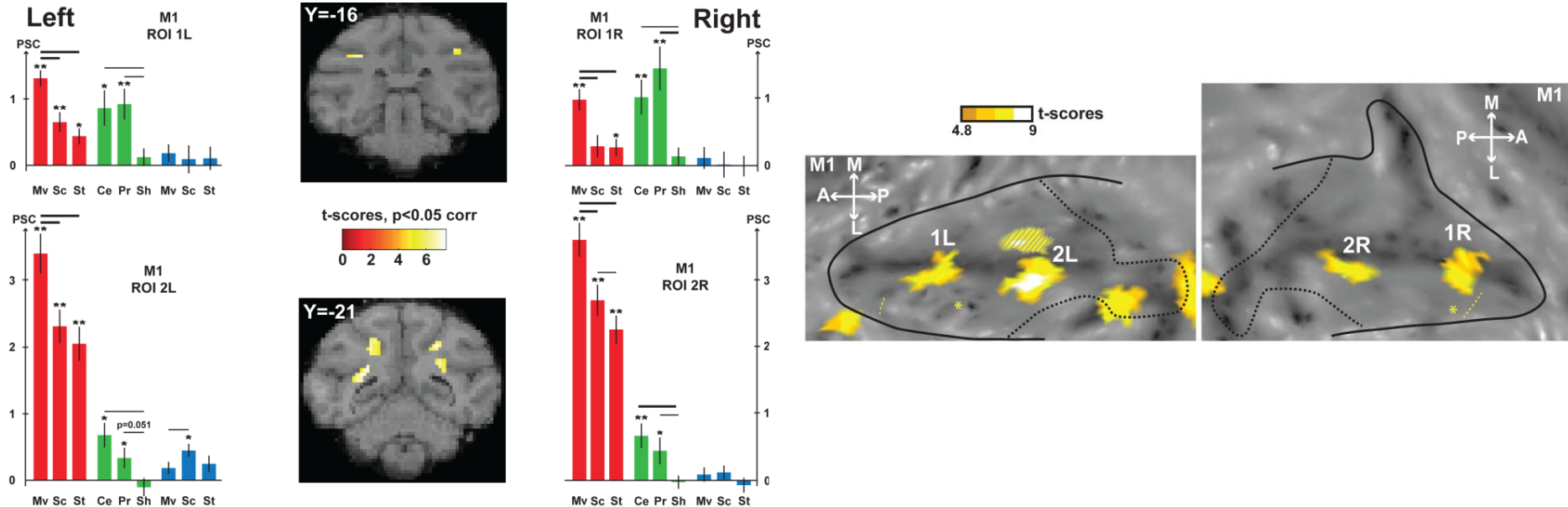
Activations des cortex sensoriels primaires



Guipponi et al., J Neurosci., 2013

Convergence multisensorielle dans le cortex pariétal

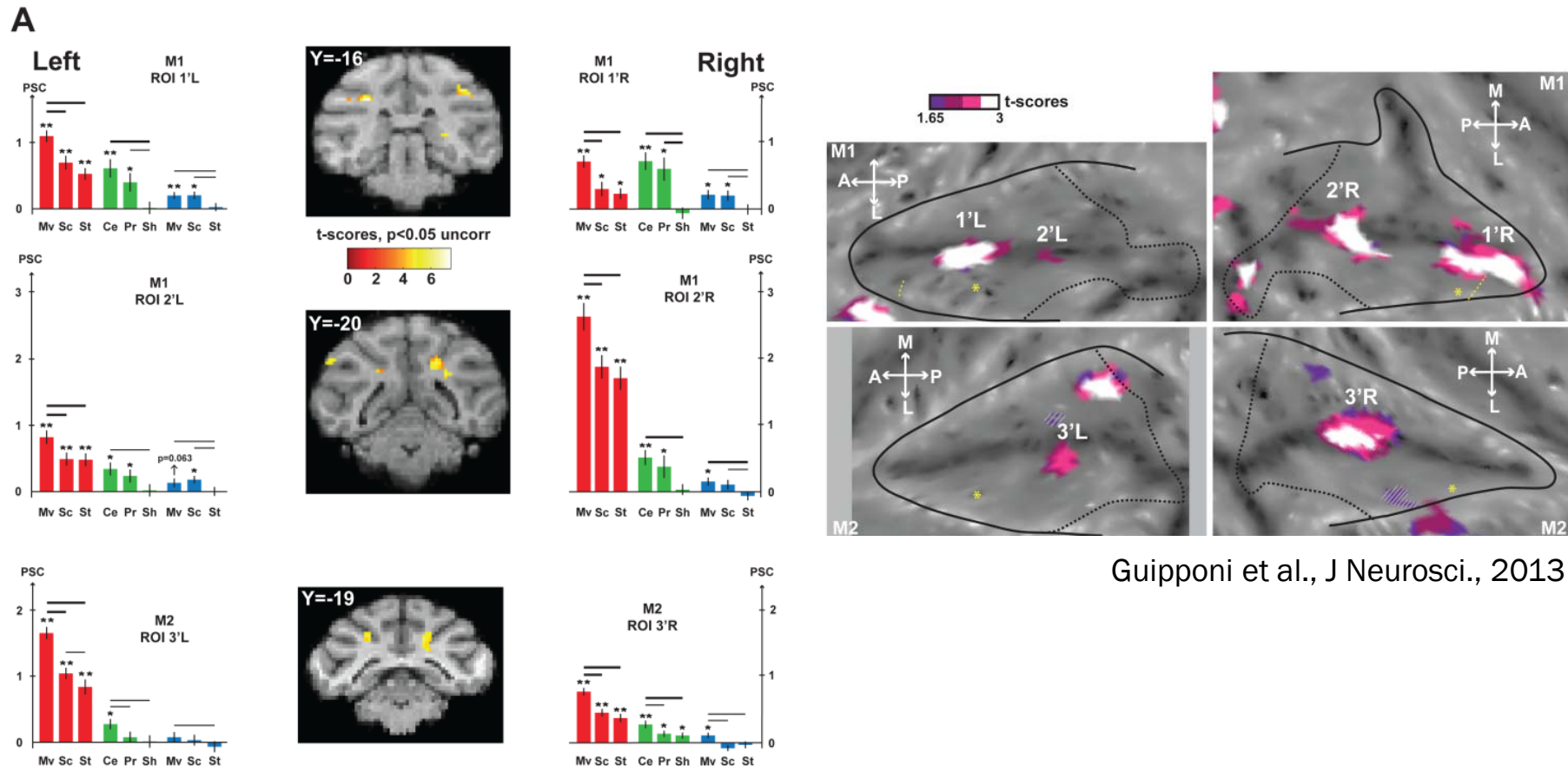
Convergence visuo-tactile



- Stimulation tactile vs. fixation
- Stimulation visuelle vs. fixation
- Stimulation auditive vs. fixation

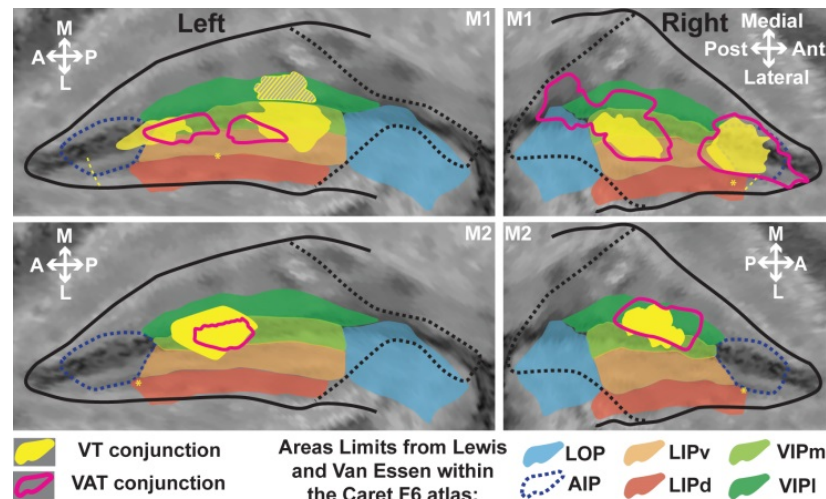
Convergence multisensorielle dans le cortex pariétal

Convergence visuo-audio-tactile



- Stimulation tactile vs. fixation
- Stimulation visuelle vs. fixation
- Stimulation auditive vs. fixation

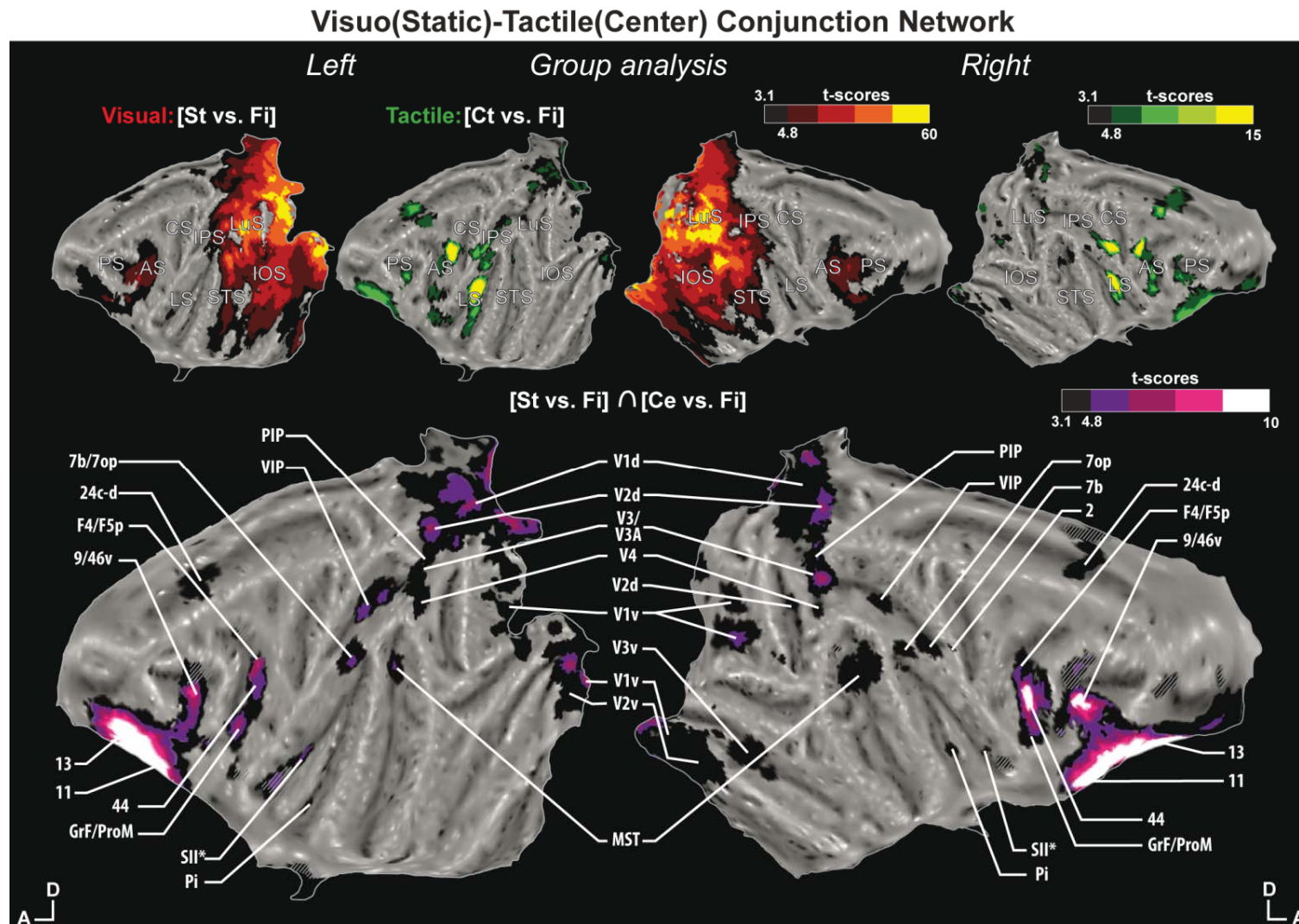
Convergence multisensorielle dans le cortex pariétal



Guipponi et al., J Neurosci., 2013

- Convergence multimodale dans le cortex pariétal du primate non-humain, très similaire à ce qui a été décrit chez l'homme
- Convergence restreinte au fond du sillon
- Grande variabilité interindividuelle

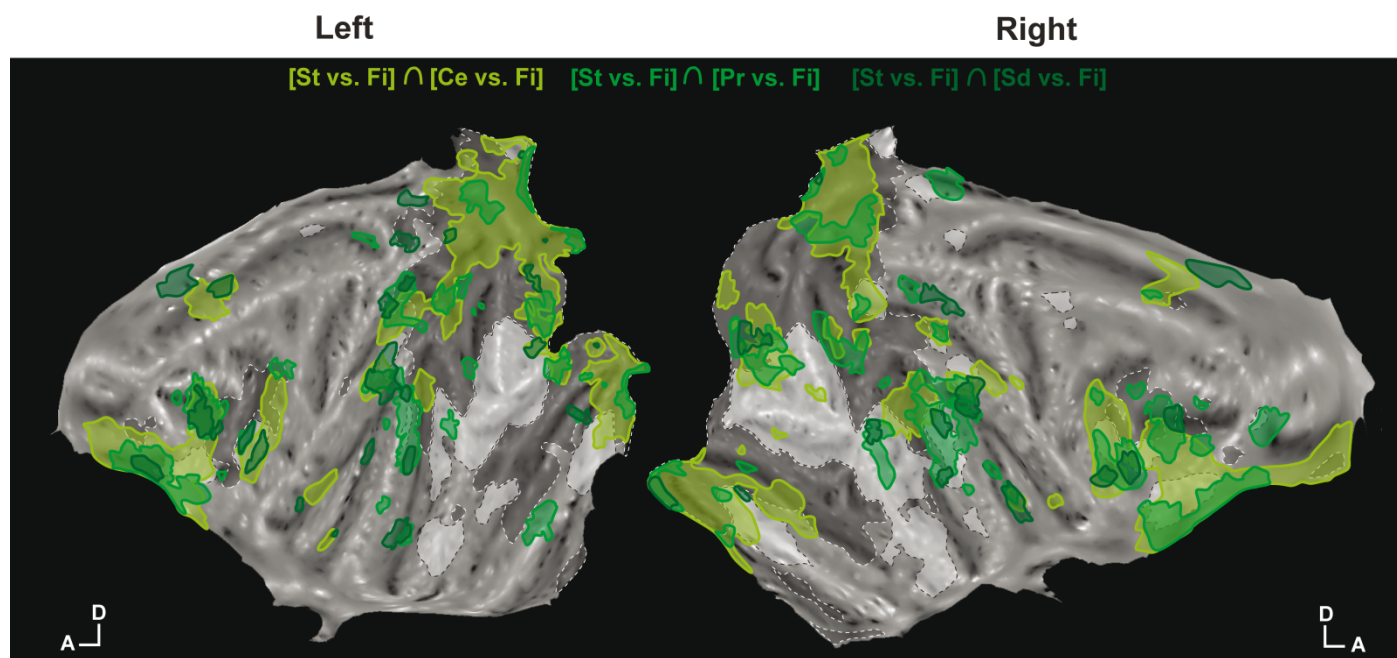
Convergence multisensorielle à l'échelle corticale



Guipponi et al., NeuroImage, 2015

Convergence multisensorielle à l'échelle corticale

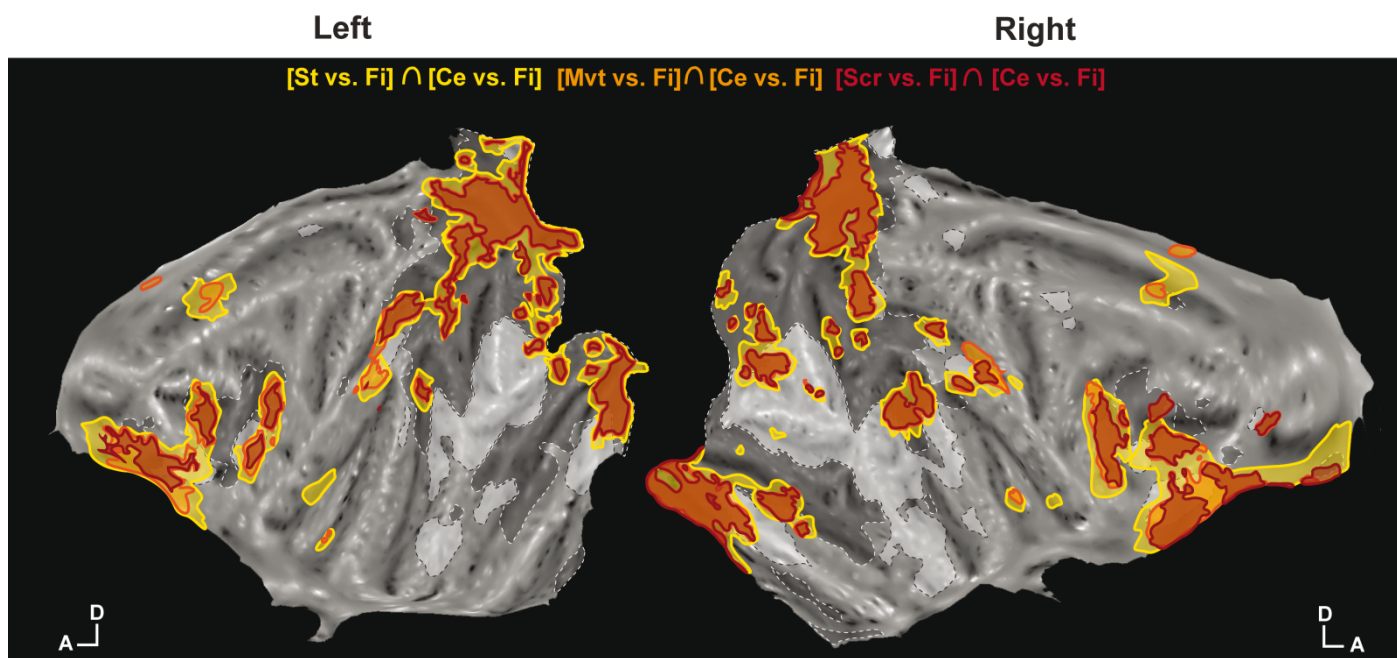
Convergence visuo-tactile
dépend de la nature de la stimulation tactile



Guipponi et al., NeuroImage, 2015

Convergence multisensorielle à l'échelle corticale

Convergence visuo-tactile
dépend de la nature de la stimulation visuelle



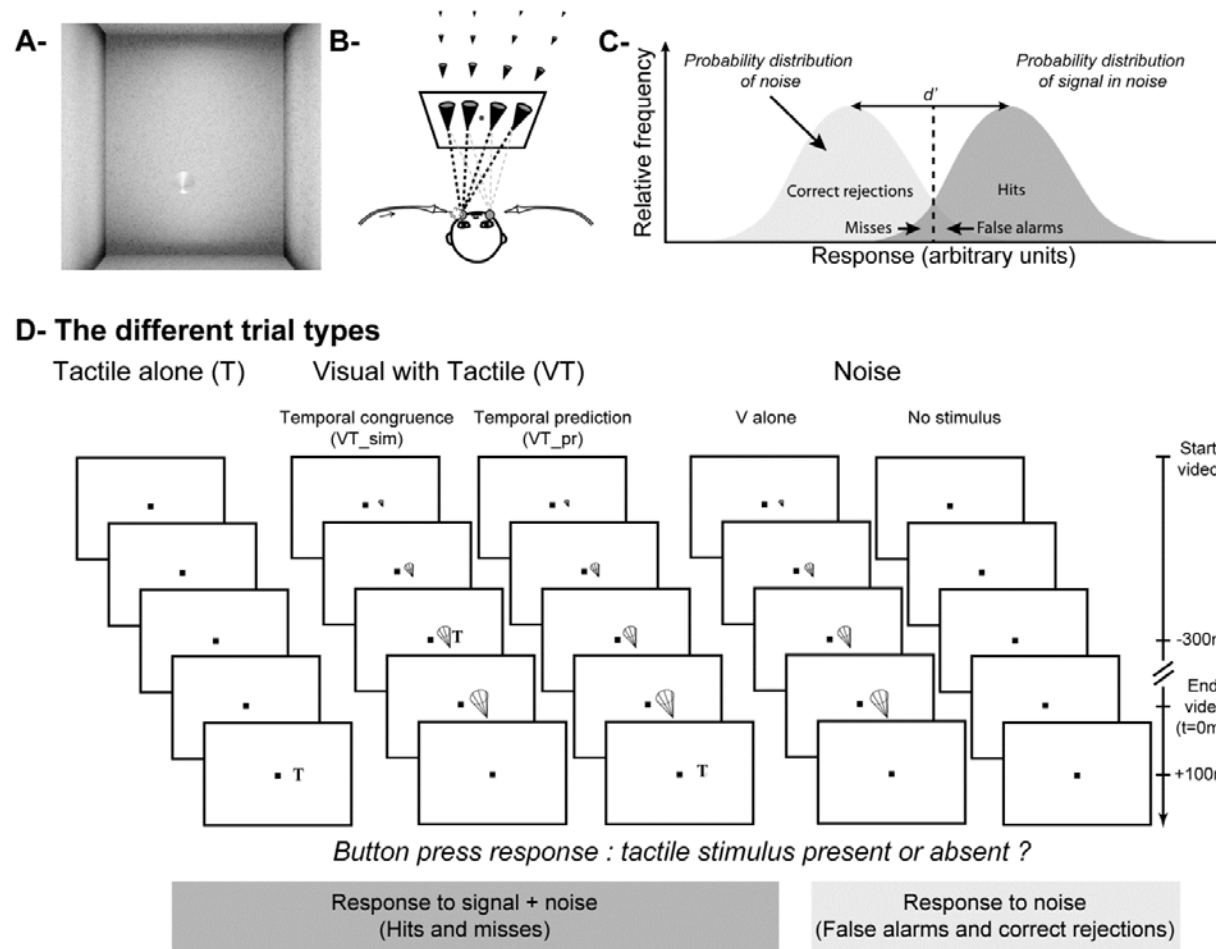
Guipponi et al., NeuroImage, 2015

Convergence multisensorielle à l'échelle corticale

- La convergence multisensorielle s'observe dans les aires associatives de haut niveau ...
- ... mais également dans les aires sensorielles de bas niveau.
- La convergence décrite ici reflète:
 - Des modulations présynaptiques
 - Des mécanismes purement additifs
 - Des mécanismes intégratifs
- La convergence observée dépend de la nature des stimuli.
- Ceci suggère que le néocortex est fortement multisensoriel ('Is neocortex essentially multisensory', Ghazanfar and Schroeder, TICS, 2006).

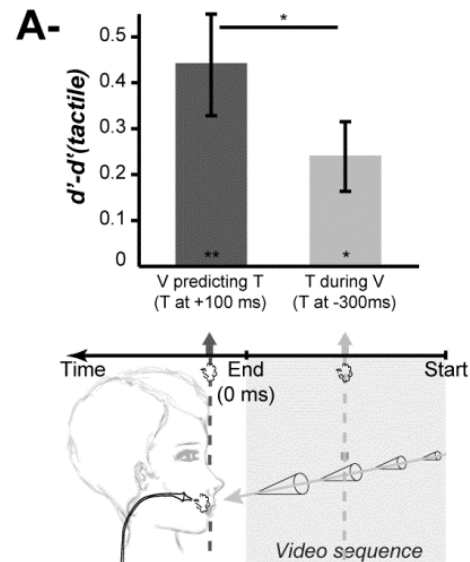
- La convergence multisensorielle visuo-tactile
 - Peut servir à sous-tendre des mécanismes d'intégration multisensoriels classiques: e.g. localiser le moustique posé sur le bras
 - Mais peut-elle sous-tendre la prédiction des conséquences hétéromodales de l'approche d'un stimulus visuel de la frontière du corps (de la peau): e.g. le moustique qui s'approche de notre visage et qui va sans aucun doute d'y poser ?
 - ✓ Les stimuli en approche raccourcissent les temps de réaction à un stimulus tactile: Canzoneri et al., 2012 (auditory-tactile stimulations); Kandula et al., 2014 (visuo-tactile stimulations)
 - ✓ Mais qu'en est-il de la sensibilité (d') ?
- Si oui, ces processus de prédiction d'impact font-ils intervenir des mécanismes intégratifs ?

Mesure de la sensibilité tactile (d')



Cléry et al., J Neurosci., 2015

La prédiction temporelle
d'impact maximise le d'

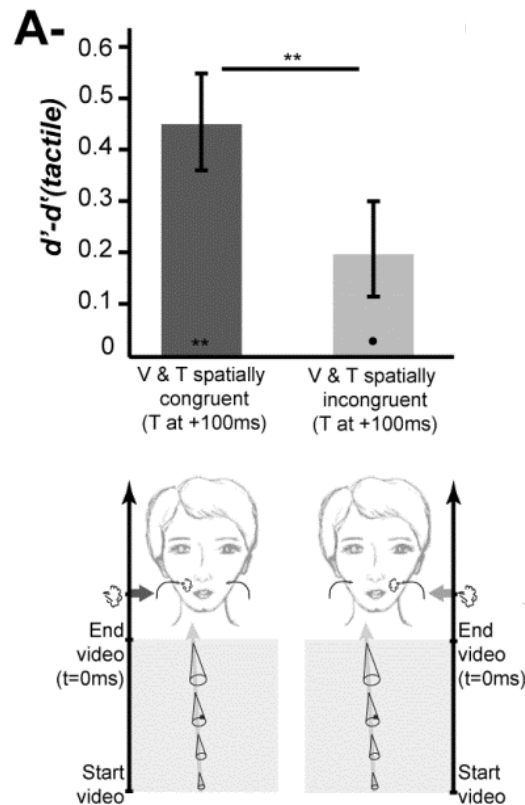


Cléry et al., J Neurosci., 2015

La prédiction spatiale
d'impact maximise le d'

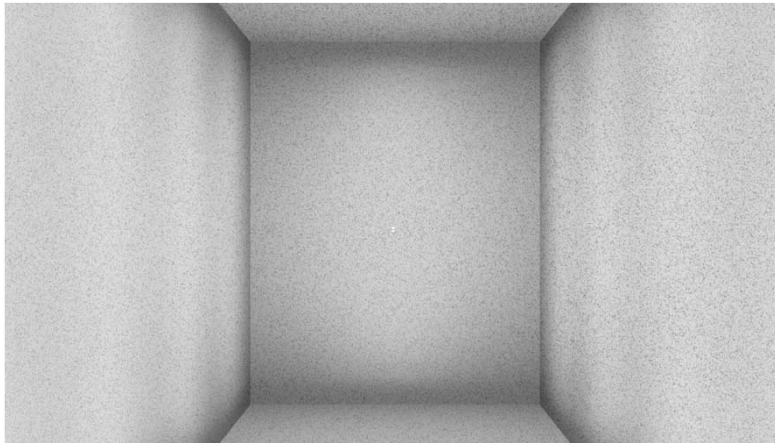
La composante
d'approche est cruciale

L'espace proche du visage
est assimilé au corps

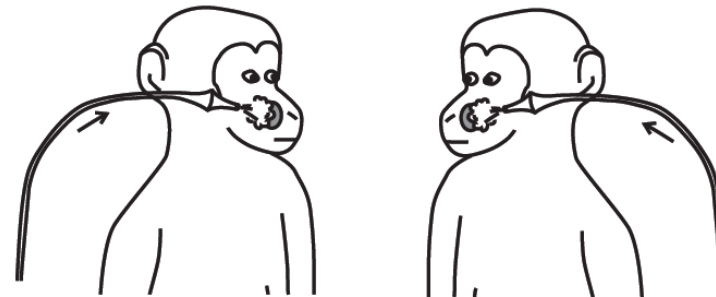


Cléry et al., J Neurosci., 2015

Visual stimulus

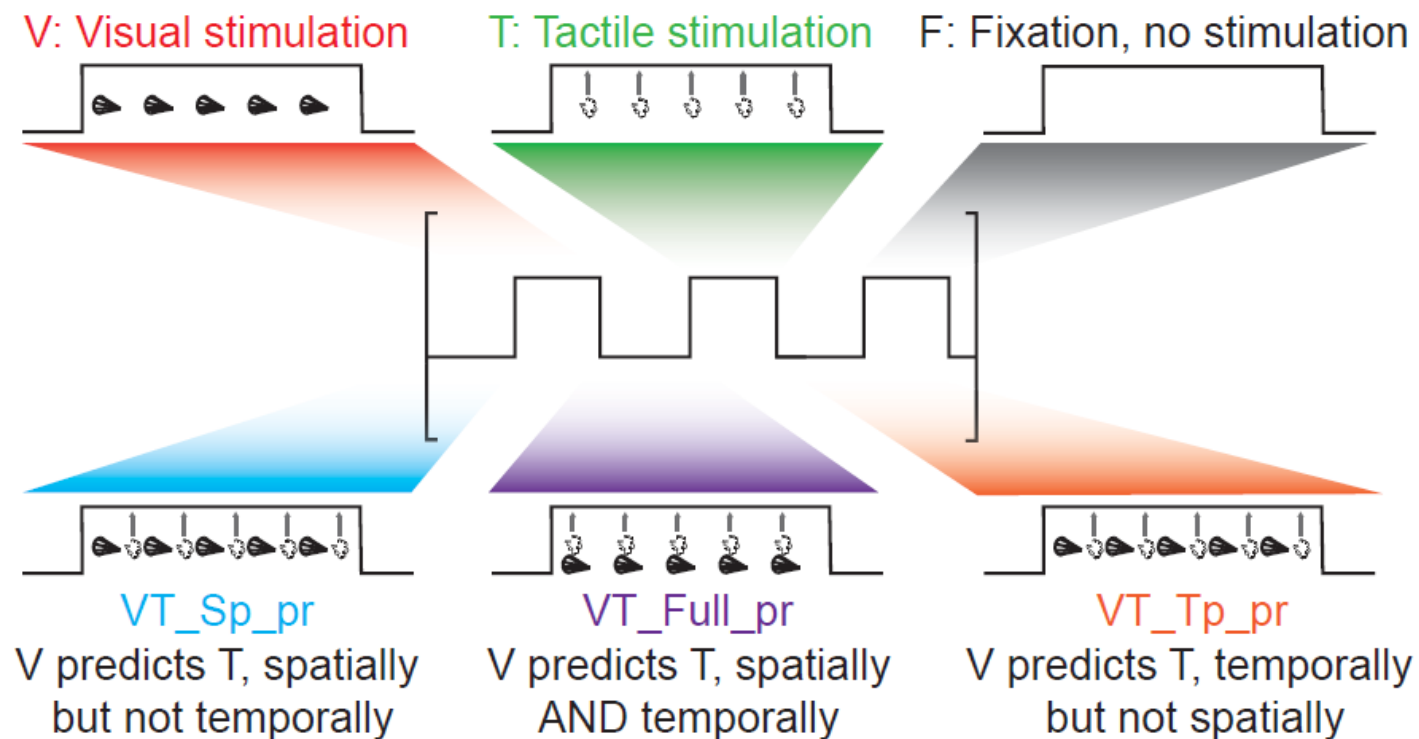


Tactile stimulus

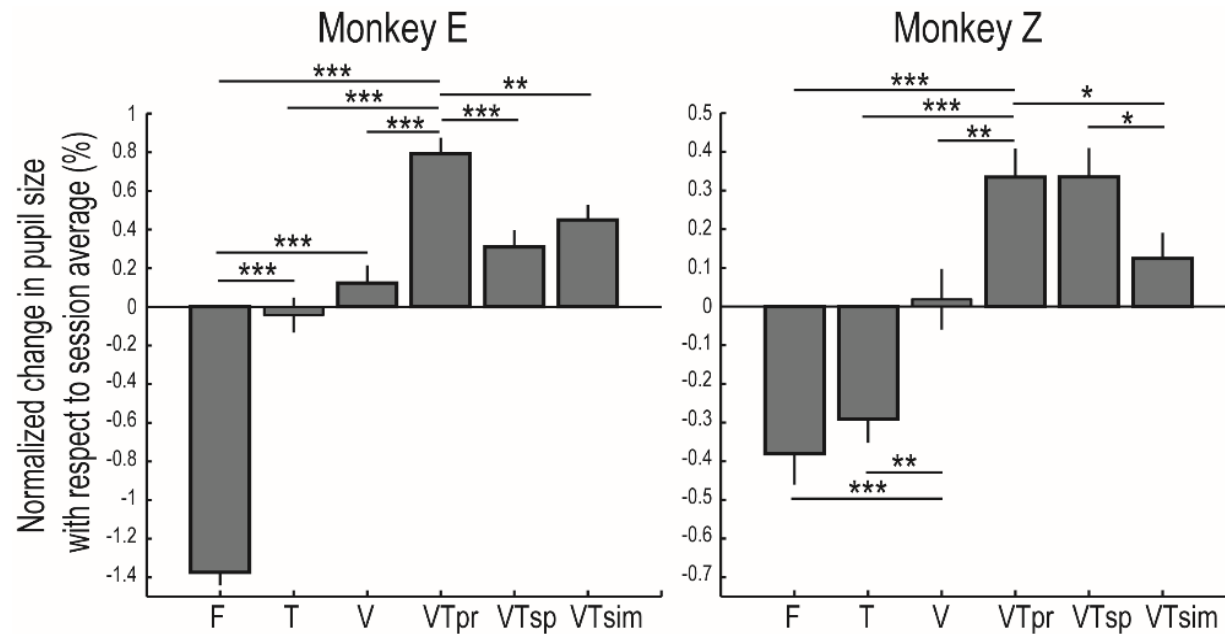


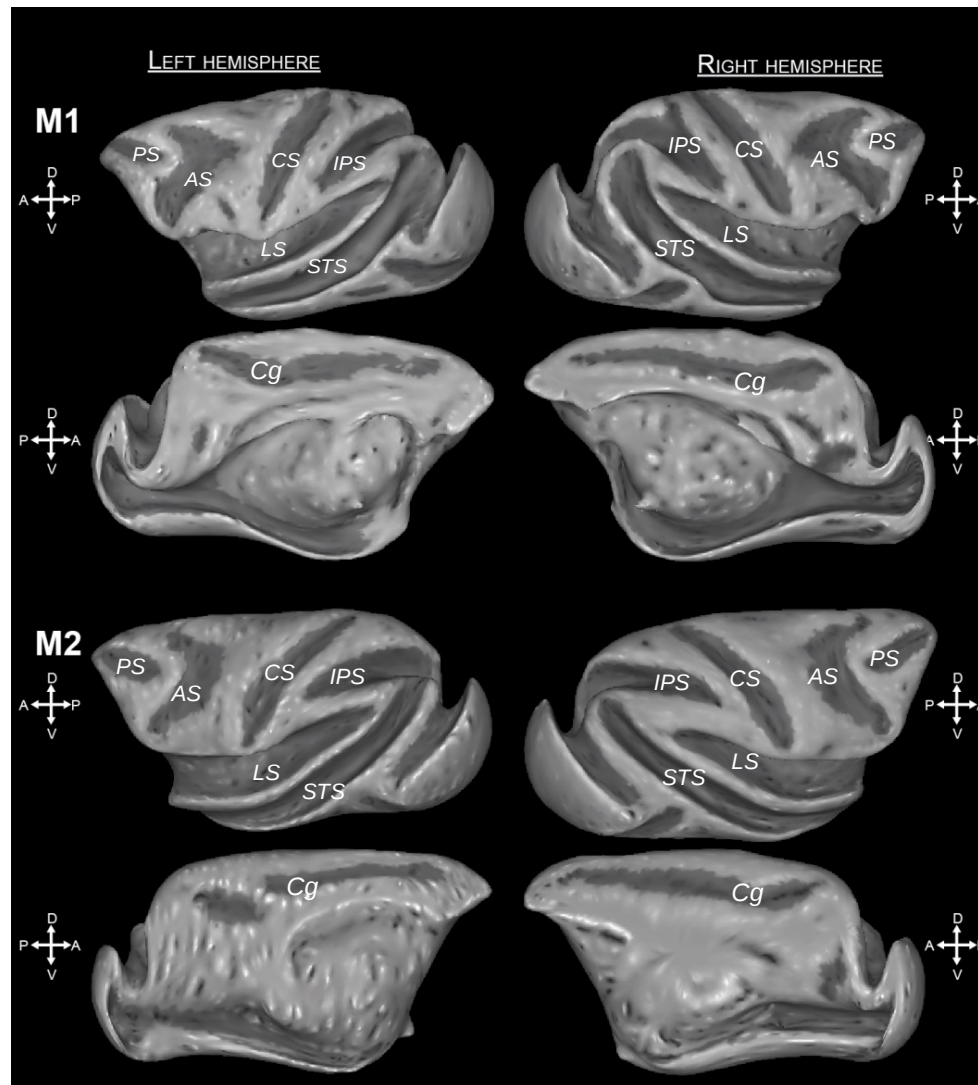
Stimuli dégradés de façon à maximiser
les processus de nature intégrative

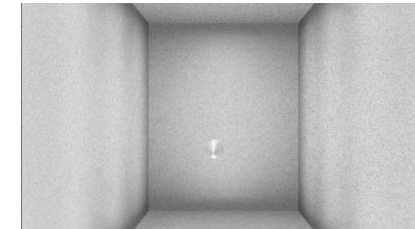
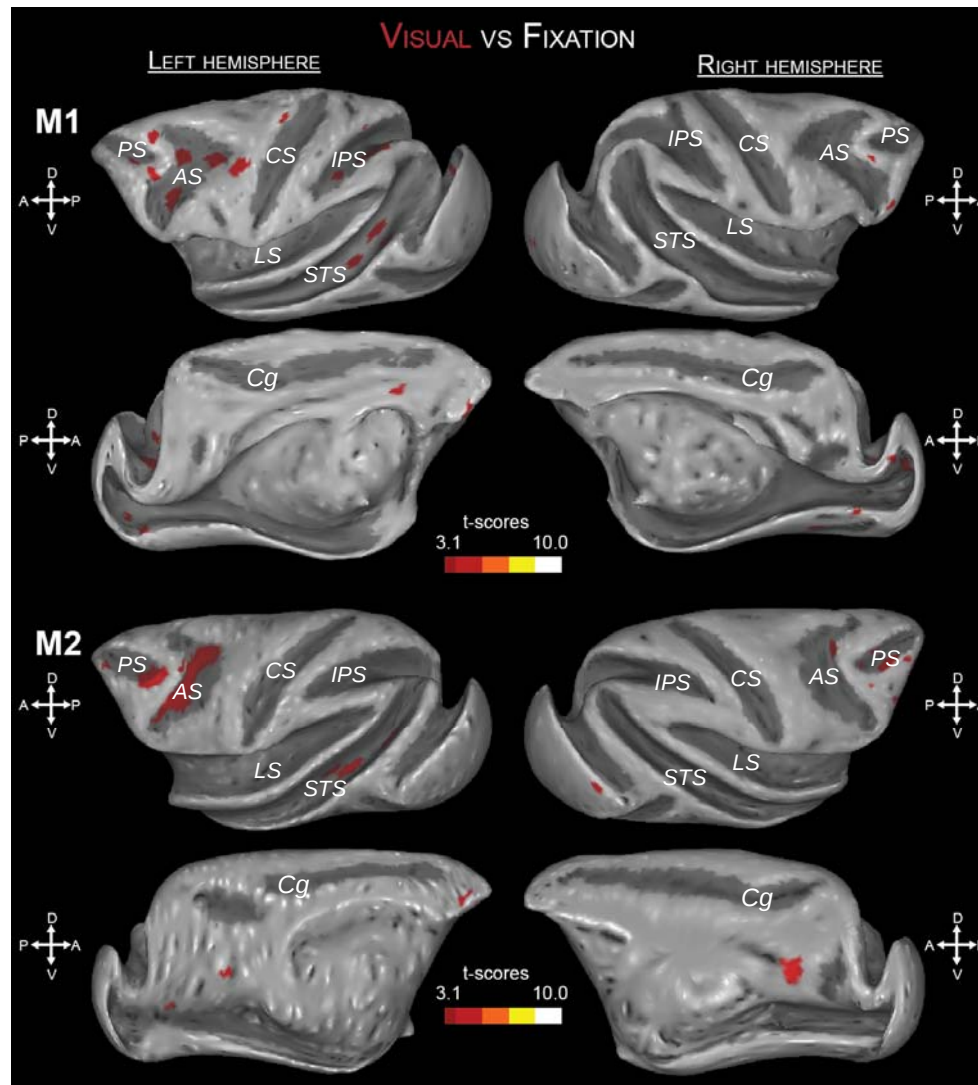
Design IRMf mixte : Blocks + événements



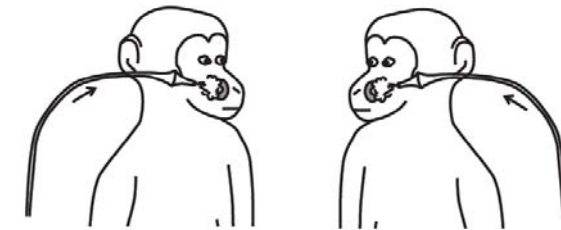
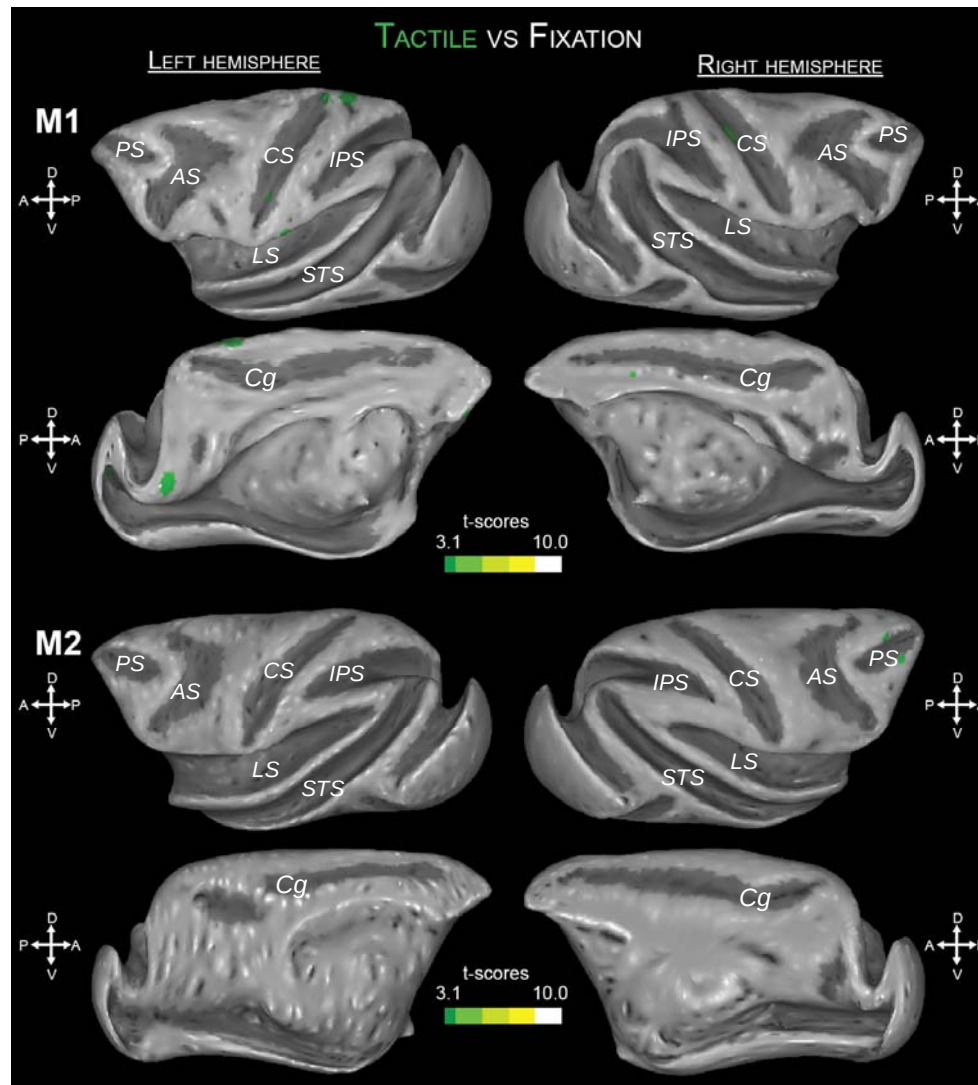
Marqueurs autonomes (dilatation pupillaire) d'interprétation du contexte de block



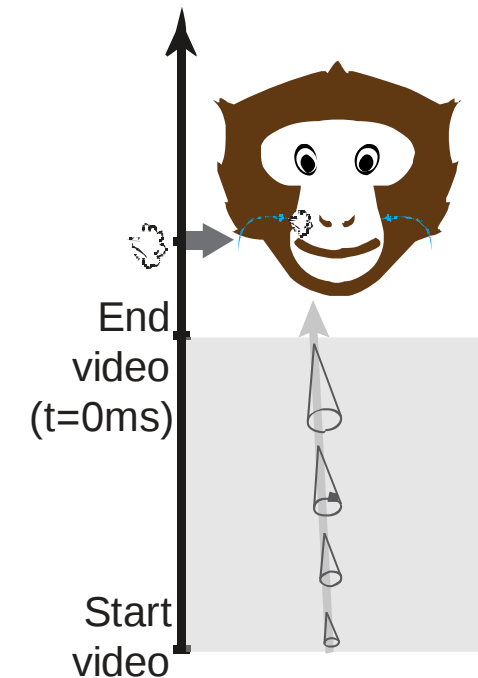
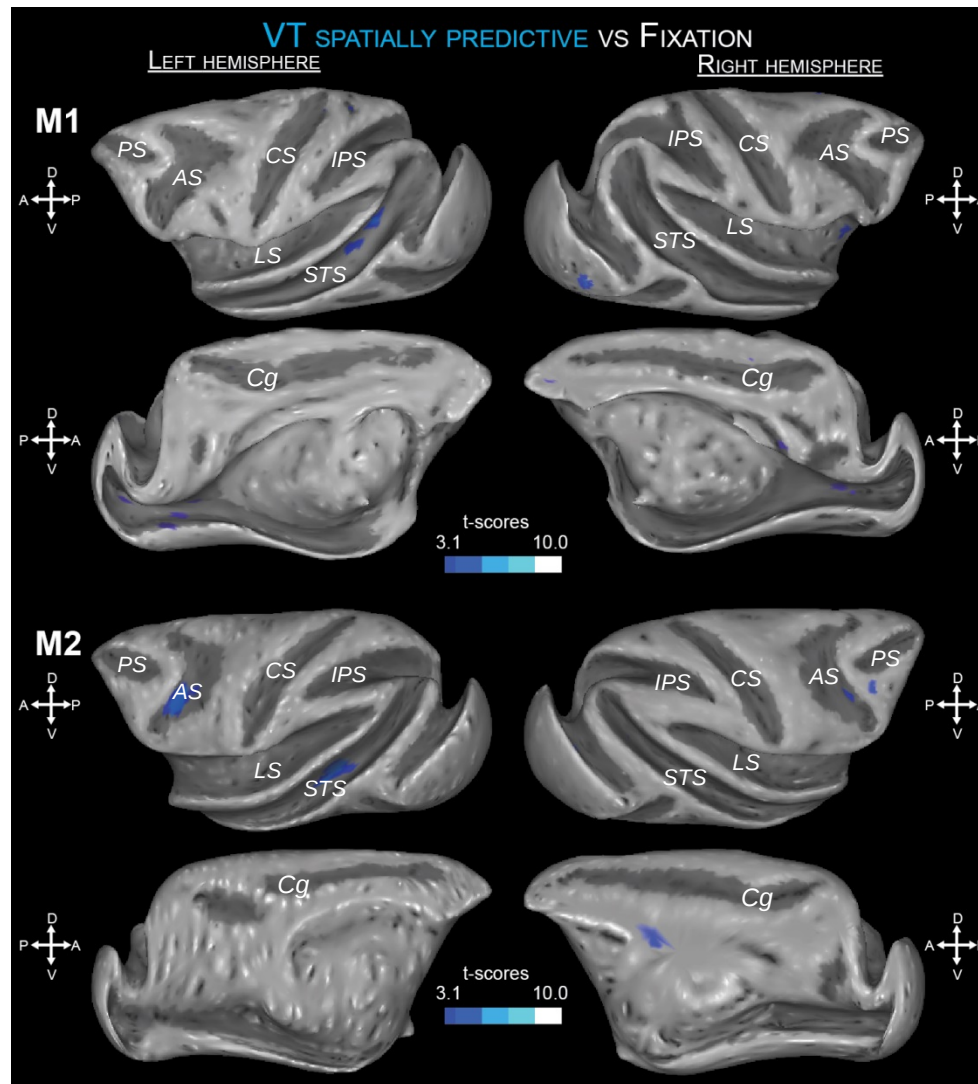




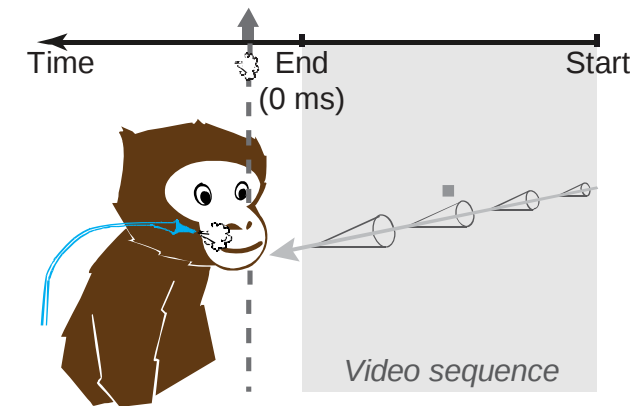
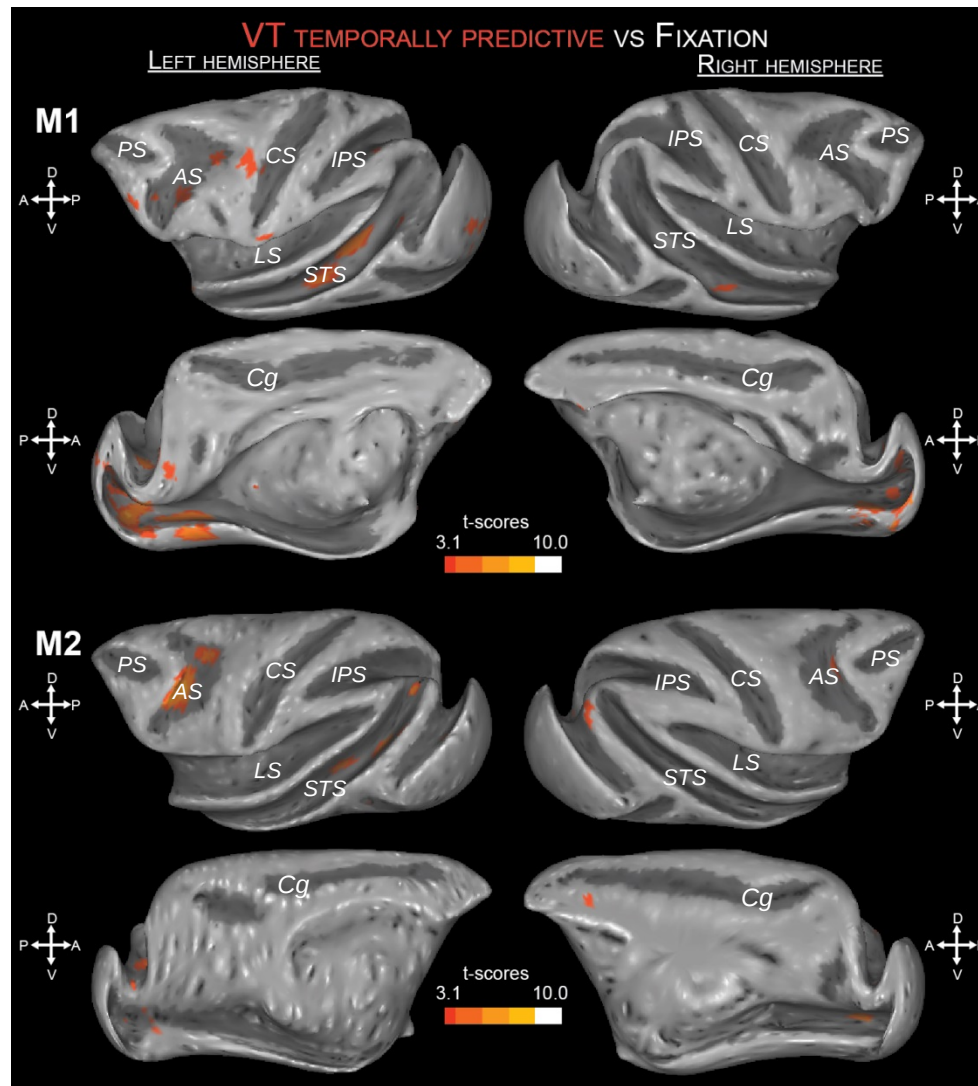
Blocks visuels:
Les stimuli visuels sont
vraiment dégradés



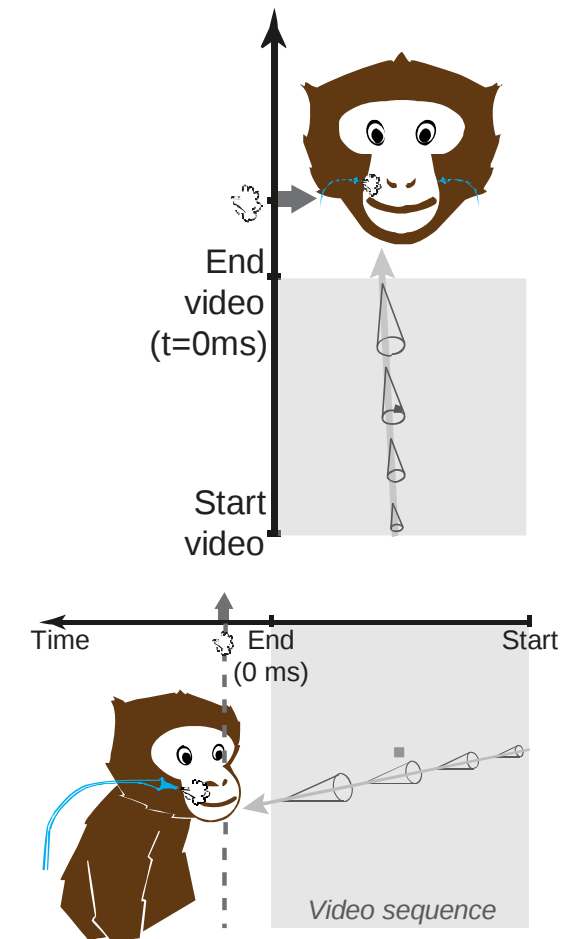
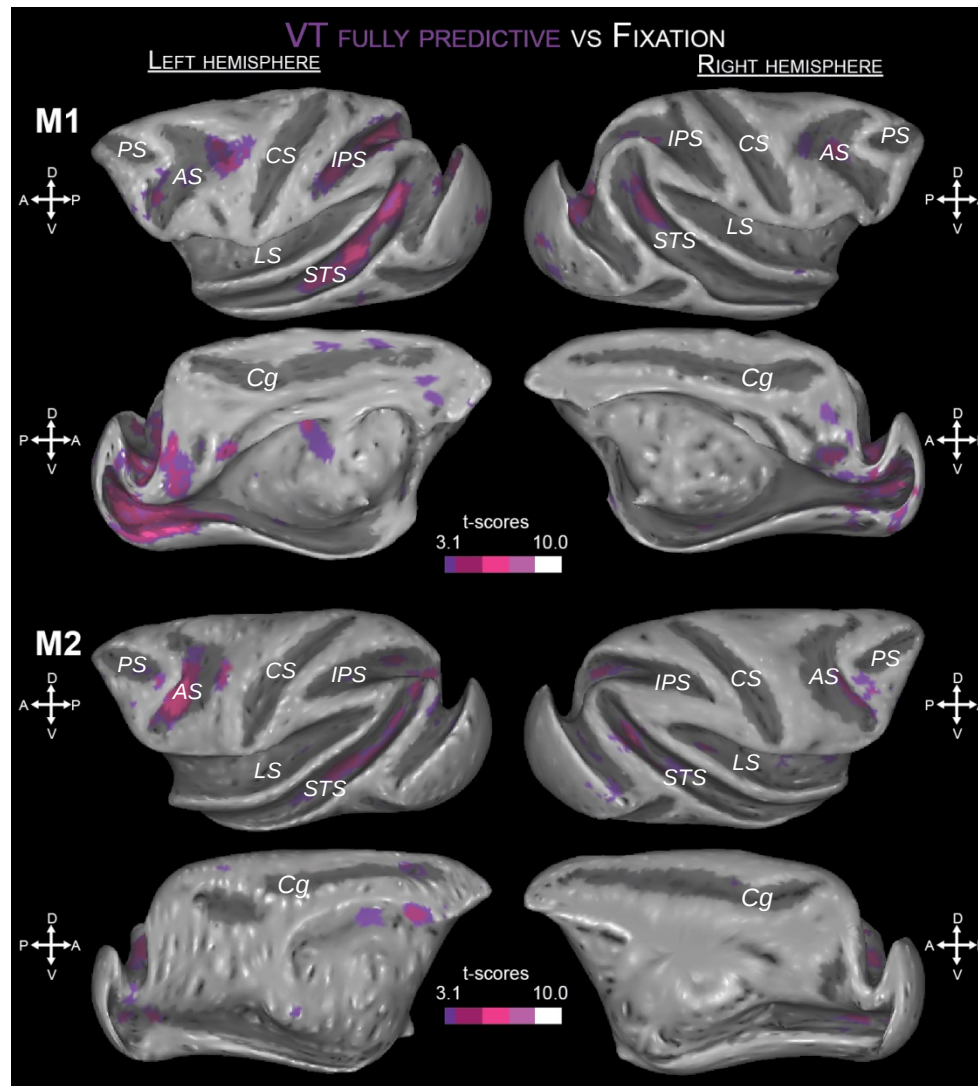
Blocks tactiles:
Les stimuli tactiles sont
vraiment dégradés



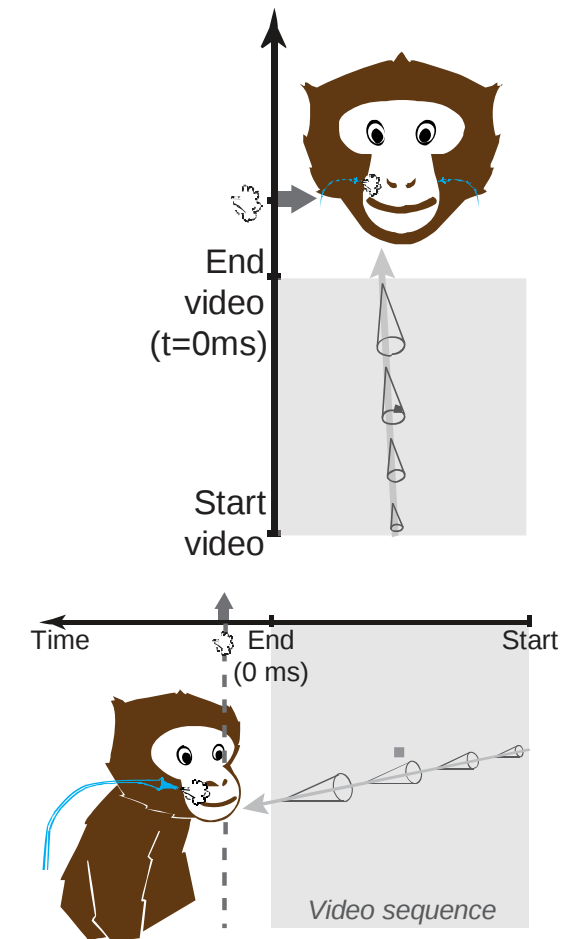
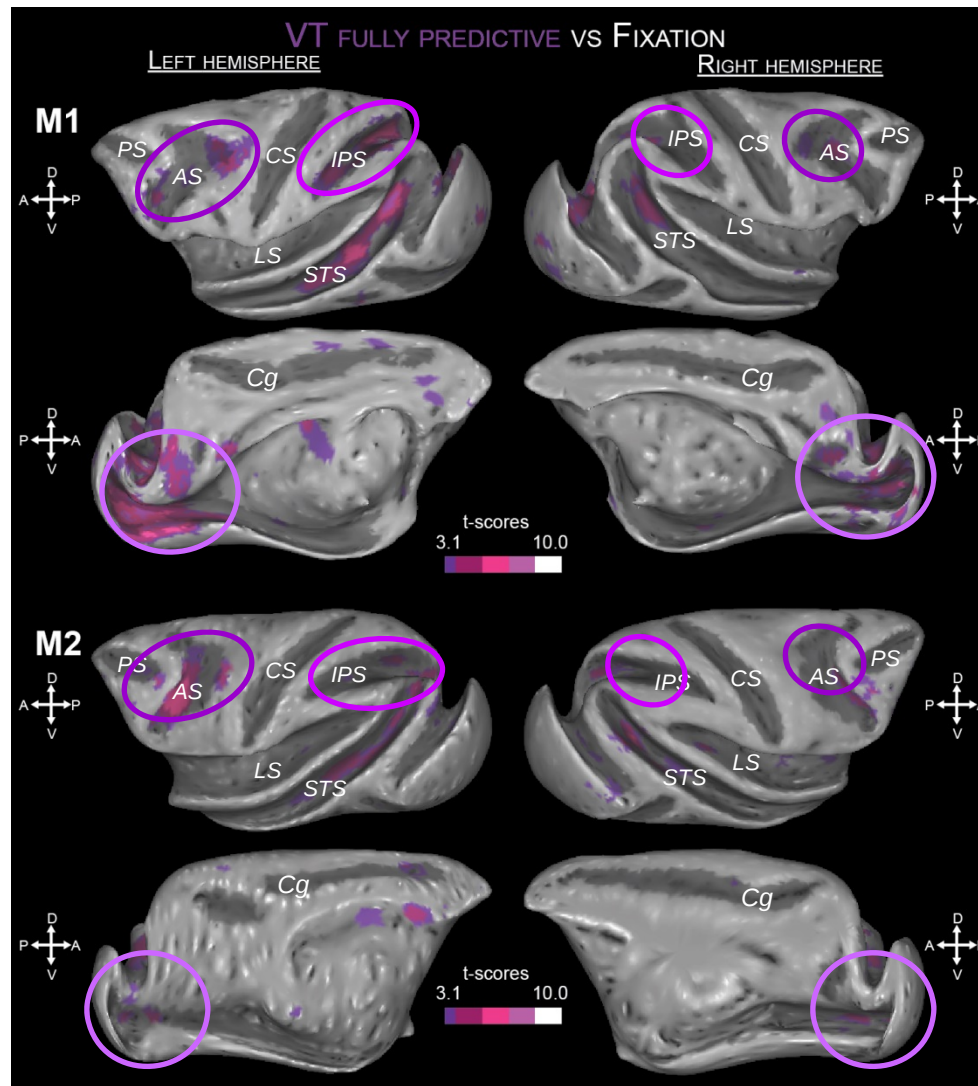
**Blocks de prédiction spatiale
mais pas temporelle :
Pas d'intégration ?!**



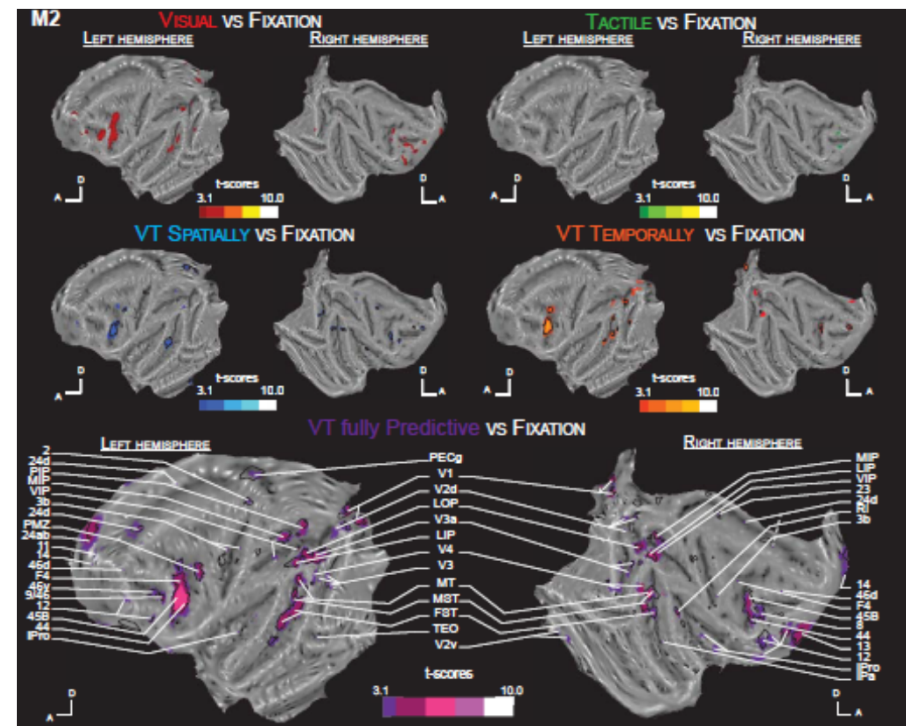
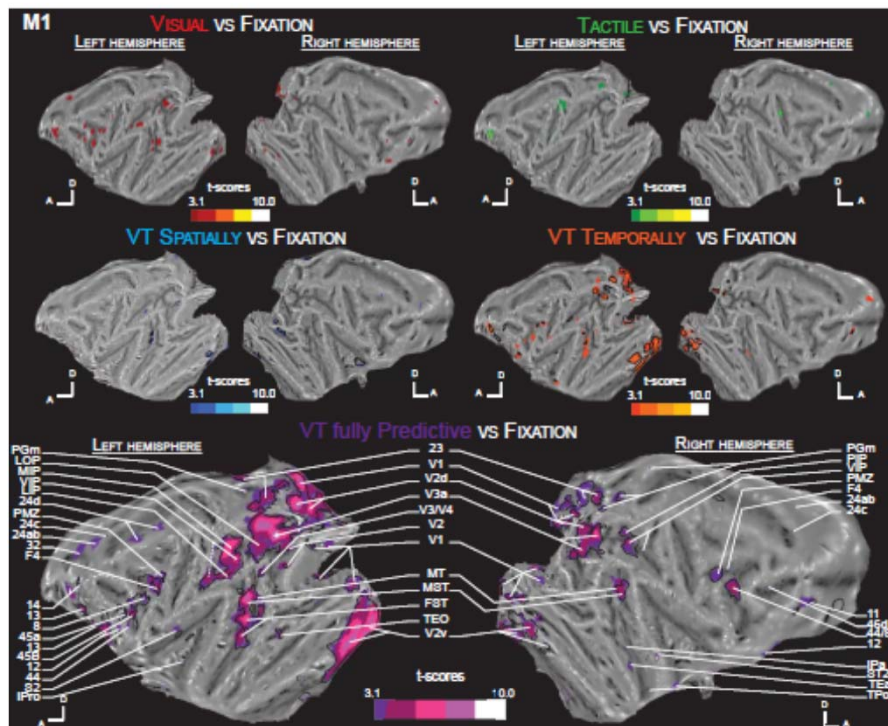
**Blocks de prédiction temporelle
mais pas spatiale :
Petite intégration ?!**



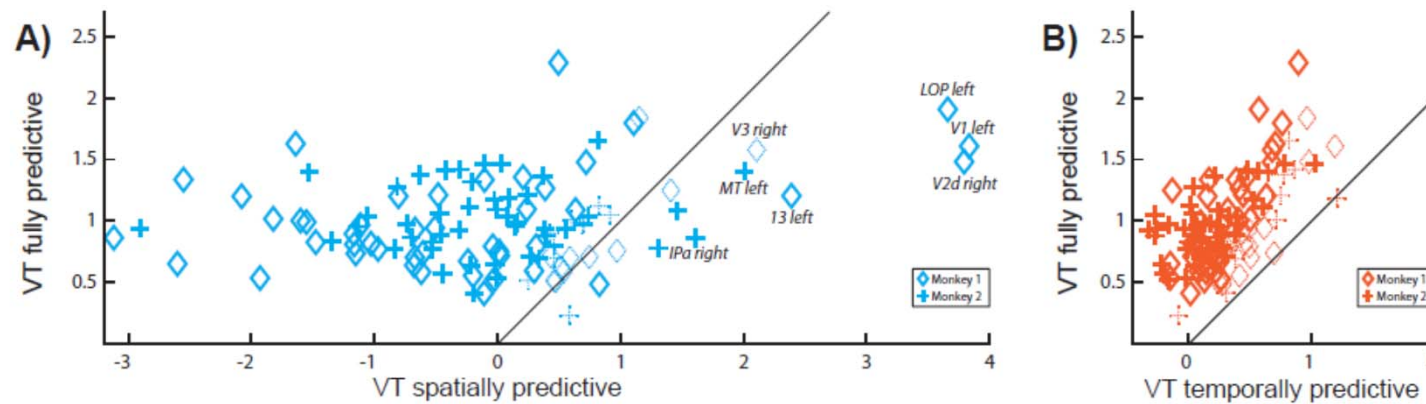
**Prédiction spatiale ET temporelle:
Intégration !!**



Aires préfrontales
Aires pariétales
Aires visuelles primaires

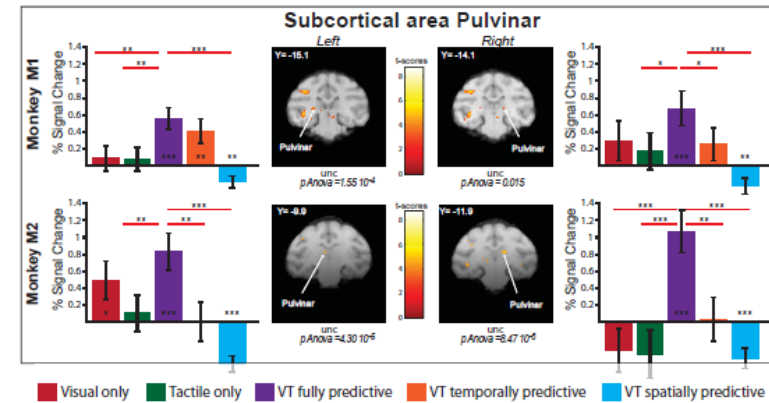
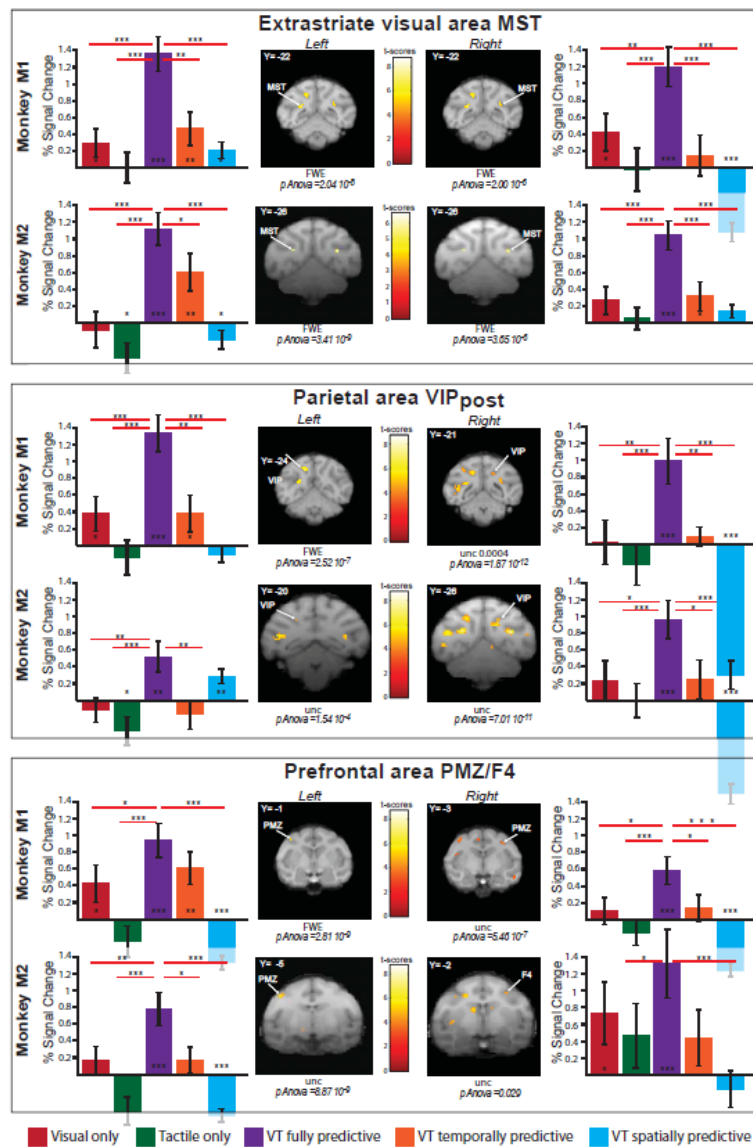


% de changement de signal (PSC) maximale pour, pour tous les ROIs,
pour la condition de prédiction spatiale ET temporelle



- La prédiction d'impact sur le visage active un réseau préfronto-pariéto-occipital.
- L'activation maximale est observée pour une prédiction qui associe une composante spatiale et temporelle.
- Nous proposons que ce réseau sous-tend l'amélioration de la sensibilité tactile que nous décrivons chez les sujets humains.
- Ces processus de prédiction d'impact font-ils intervenir des mécanismes intégratifs ?

- En IRMf, plusieurs critères sont utilisés pour décrire des mécanismes intégratifs:
 - ✓ Critère de la moyenne ($VT > \text{moyenne de } V \text{ et } T$)
 - ✓ Critère de super/supra additivité ($VT > V+T$)
 - ✓ Critère du max ($VT > V_{\text{max}} \text{ or } T_{\text{max}}$)



- ✓ Critère de la moyenne (VT > moyenne de V et T)
 - (M1: 41/42 ROIs = 98%, M2: 46 ROIs = 100%)
- ✓ Critère de super/supra additivité (VT > V+T)
 - (M1: 26/42 ROIs = 62%, M2: 36/46 = 78%)
- ✓ Critère du max (VT > Vmax or Tmax)
 - (M1: 30/42 ROIs = 71%, M2: 36/46 = 78%)

- Les conséquences hétéromodales, tactiles, d'un stimulus visuel en approche est anticipée par le système nerveux
- Cette anticipation est maximisée dans un contexte écologique de prédiction spatiale et temporelle
- Ces mécanismes impliquent à la fois des aires associatives préfrontales et pariétales, mais également des aires de bas niveau (surement modulatrices)
- L'information prédictive (interprétation du contexte) semble prendre son origine dans le cortex préfrontal

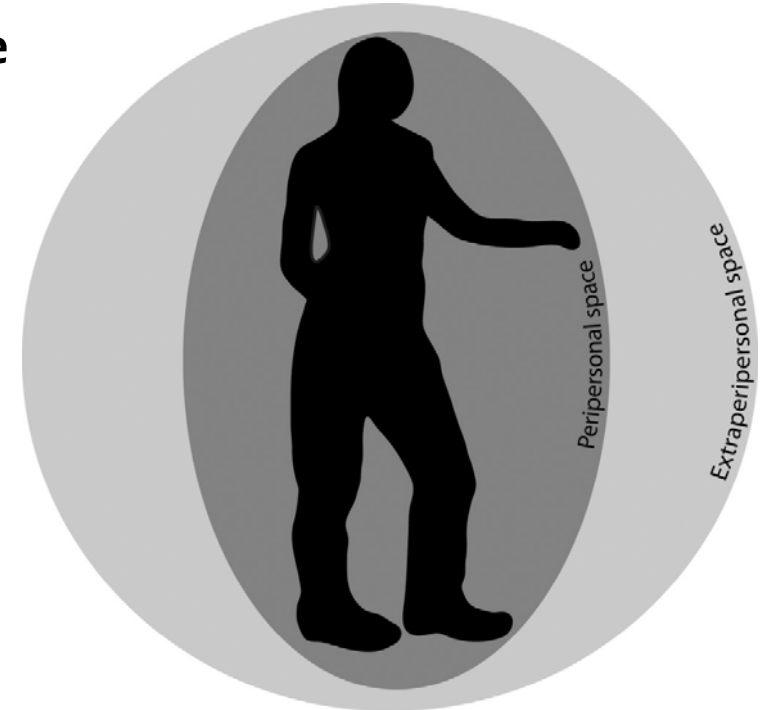
Représentation modulaire de l'espace

Espace lointain / extrapersonnel

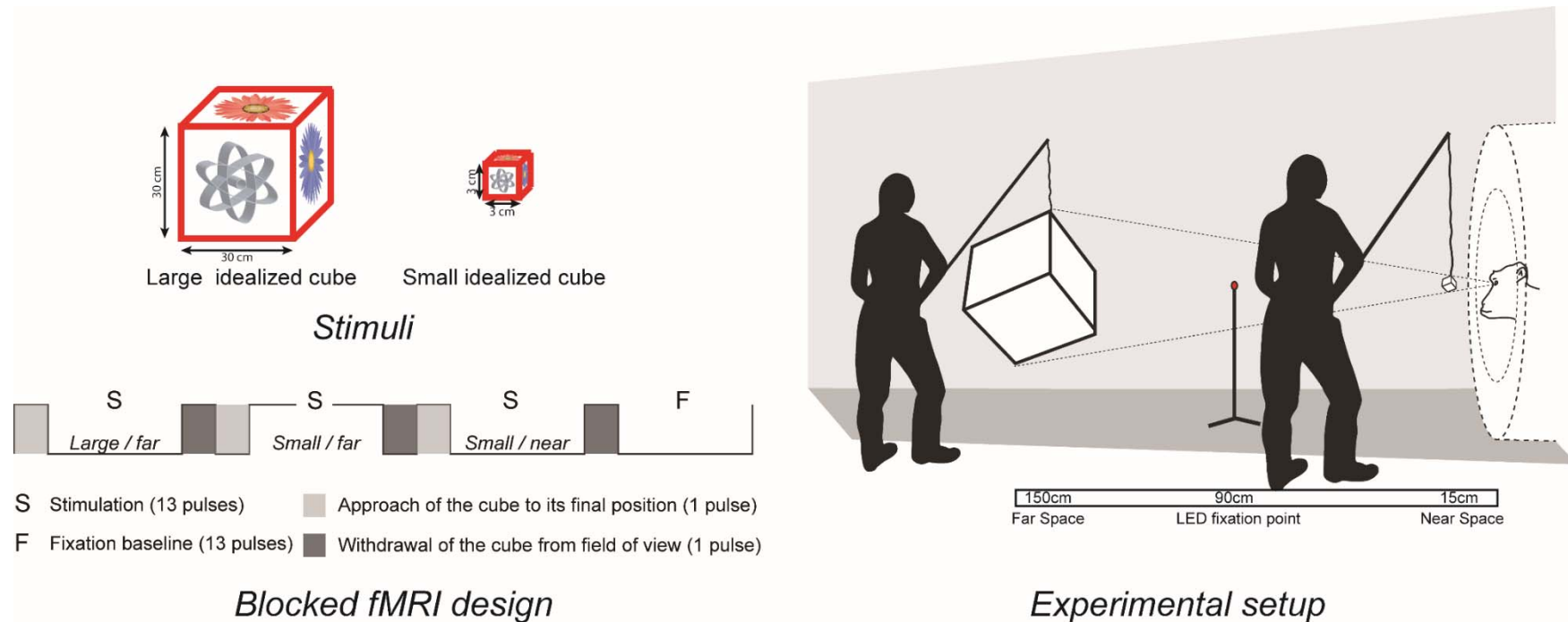
- Loin du sujet
- Sur lequel le sujet ne peut pas agir Directement

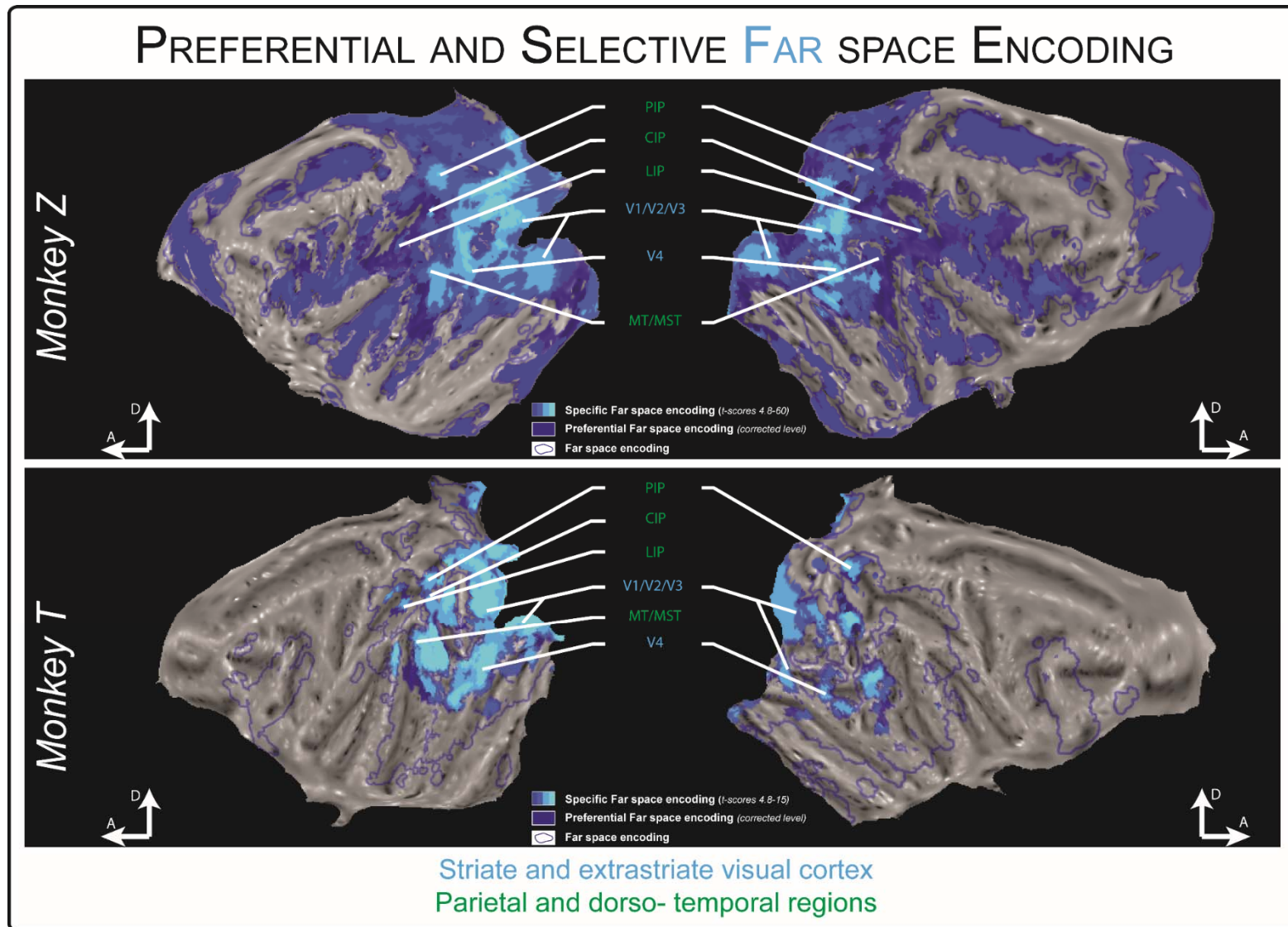
Espace proche / péripersonnel

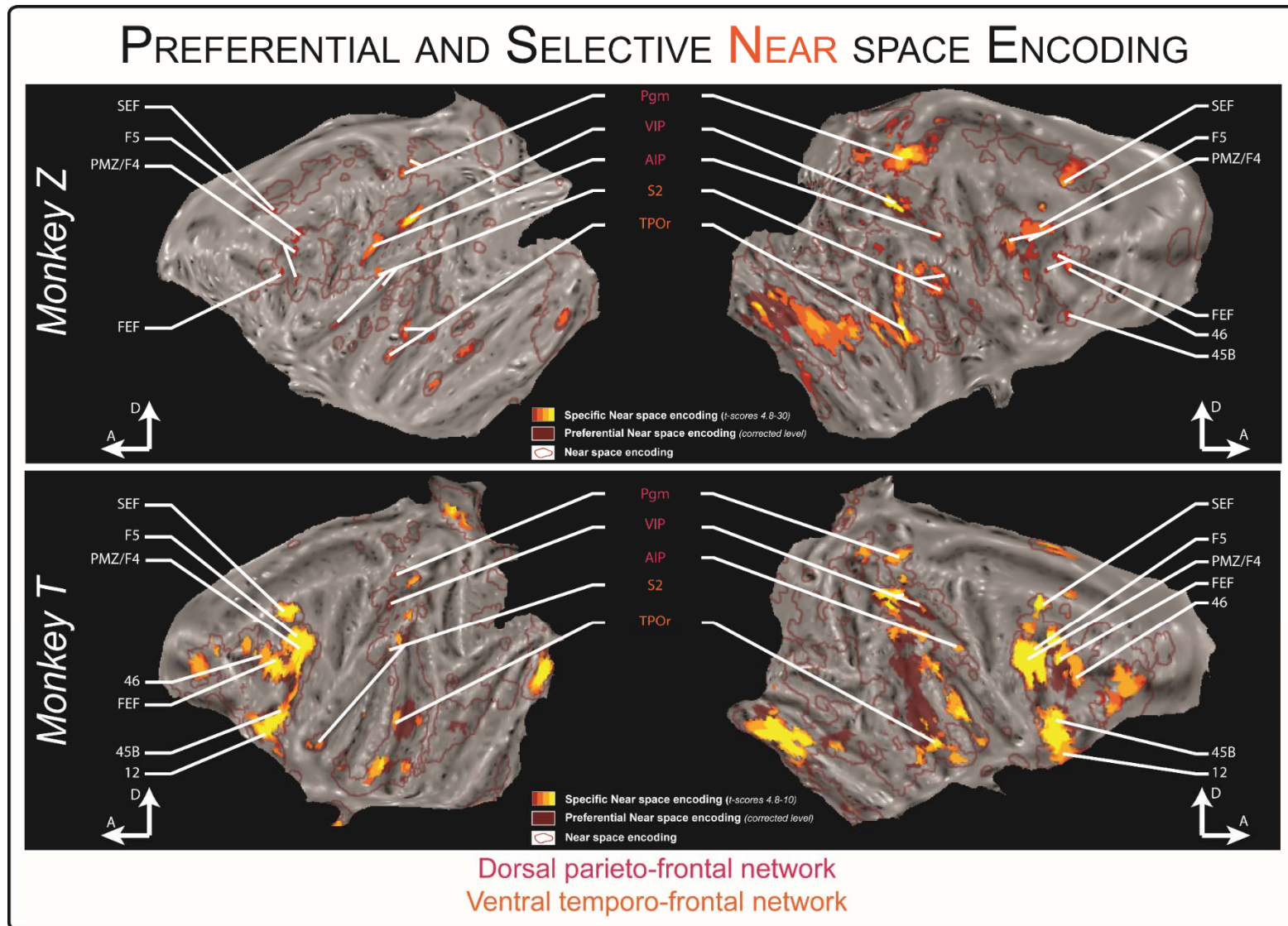
- Directement autour du sujet
- Sur lequel il peut agir



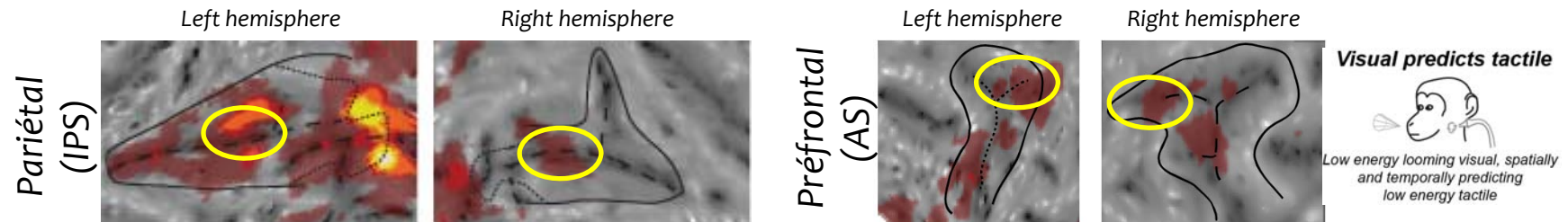
Cléry et al., Neuropsychologia, 2015



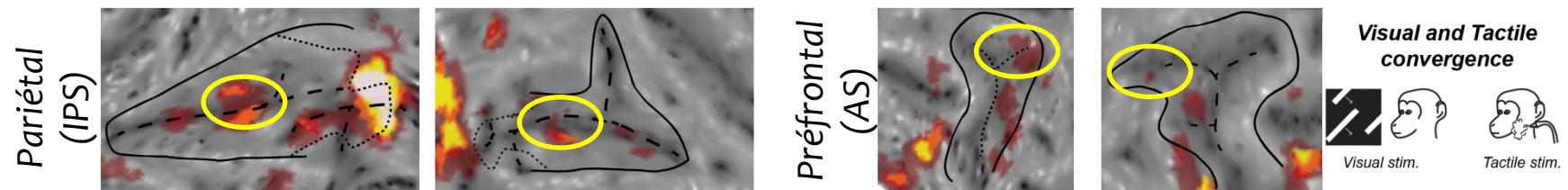




- Prédiction d'impact au visage



- Convergence visuo-tactile



- Involved in Near Space encoding (Cléry et al. *Neuro-psychologia*, 2015)



Mêmes voxels

- En d'autres termes, un même réseau fonctionnel sous-tend:
 - ✓ La convergence visuo-tactile
 - ✓ La représentation de l'espace péripersonnel
 - ✓ La prédiction d'impact au visage

- Ce réseau apparaît comme dynamique car,
 - sa topographie dépend de l'information sensorielle entrante (influence ascendantes, bottom-up)
 - Il intègre des influences descendantes (eg. Prédictives, mais possiblement également sociales, émotionnelles) pour moduler la nature des processus sensoriels qu'il met en jeu

Collaborators

Claire Wardak, PhD

Olivier Guipponi, PhD

Justine Cléry, PhD student

Serge Pinède, ingénieur d'étude

Soline Odouard, ingénieur d'étude

CERMEP

Dominique Sappey-Marinier, Danièle

Ibarolla, Franck Lamberton

<http://benhamedteam.cnc.isc.cnrs.f>

Funding agencies

