



HAL
open science

Détection Robuste en Temps Réel des Niveaux d'Activités de Régions Cérébrales pour la Présentation de Stimuli Psycho-Cognitifs

Clarissa Baratin, Guillaume Jean-Paul Claude Becq, Lorella Minotti, Philippe
Kahane, Julien Bastin

► **To cite this version:**

Clarissa Baratin, Guillaume Jean-Paul Claude Becq, Lorella Minotti, Philippe Kahane, Julien Bastin. Détection Robuste en Temps Réel des Niveaux d'Activités de Régions Cérébrales pour la Présentation de Stimuli Psycho-Cognitifs. GRETSI 2023 - XXIXème Colloque Francophone de Traitement du Signal et des Images, Aug 2023, Grenoble, France. hal-04222605

HAL Id: hal-04222605

<https://hal.science/hal-04222605>

Submitted on 29 Sep 2023

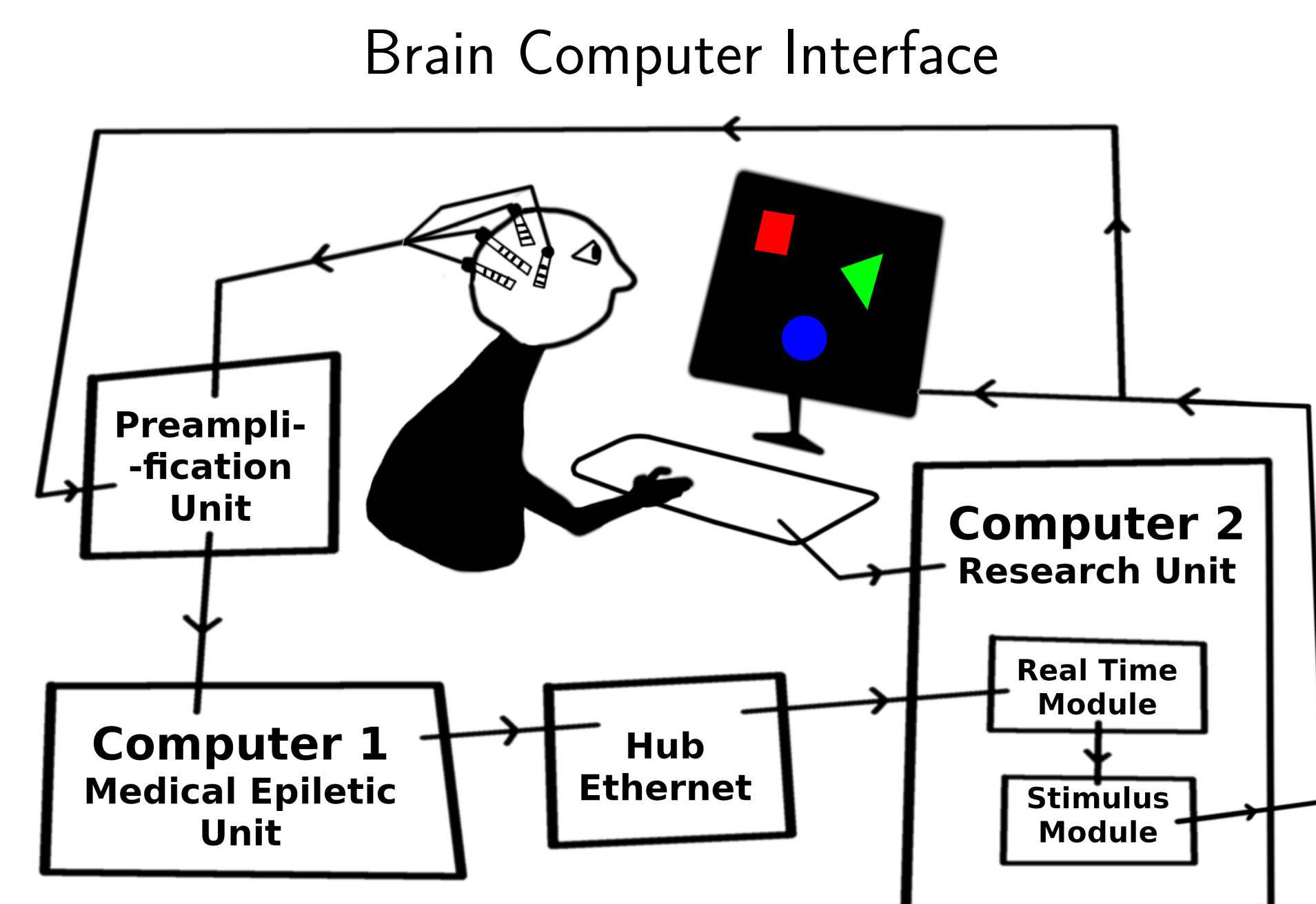
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Clarissa Baratin (1, 2), *Guillaume Becq* (1), Lorella Minotti (3), Philippe Kahane (3), Julien Bastin (3)
 1 - Gipsa-lab ; 2 - Grenoble Institut Neurosciences ; 3 - CHU Grenoble Alpes

Conditions Expérimentales

- CONTEXTE – Etude des mécanismes neuronaux impliqués dans la prise de décision.
- OBJECTIF – Mise en place d'une chaîne de traitement des données électroencéphalographiques (EEG) intracérébrales pour détecter en temps réel des activités hautes et basses, et présenter des stimuli asservis à ces activités.
- MÉTHODE – Mise en place d'une interface cerveau machine (Brain Computer Interface) : Récupération des données à partir des données acquises à l'hôpital (Computer 1) sur l'ordinateur de recherche (Computer 2) ; Traitement et asservissement dans le module temps réel (Real Time Module) selon :
 - Récupération des données du tampon et réalisation d'un montage bipolaire;
 - Traitement des signaux, filtrage et stockage des données pour adaptation à la non stationnarité des signaux ;
 - Calcul des statistiques pour la détection des niveaux d'activité dans la bande H γ [70, 150 Hz];
 - Classement en niveau normal, up ou down ;
 - Présentation de la stimulation si up ou down et blocage de la détection.



Traitement Temps Réel de l'EEG Intracérébral (iEEG) et Détection des Activités Up & Down

Les données iEEG en noir (a, b) sont traitées en temps réel pour fournir un signal de puissance en bleu. Les activités up et down (c, d) sont alors calculées à partir d'un algorithme robuste basé sur l'algorithme proposé par van Brakel (Robust peak detection algorithm using z-scores, 2014) modifié pour être plus robuste, i.e. calculées à partir de déviations absolues par rapport à la médiane en violet (median absolute deviation – MAD).

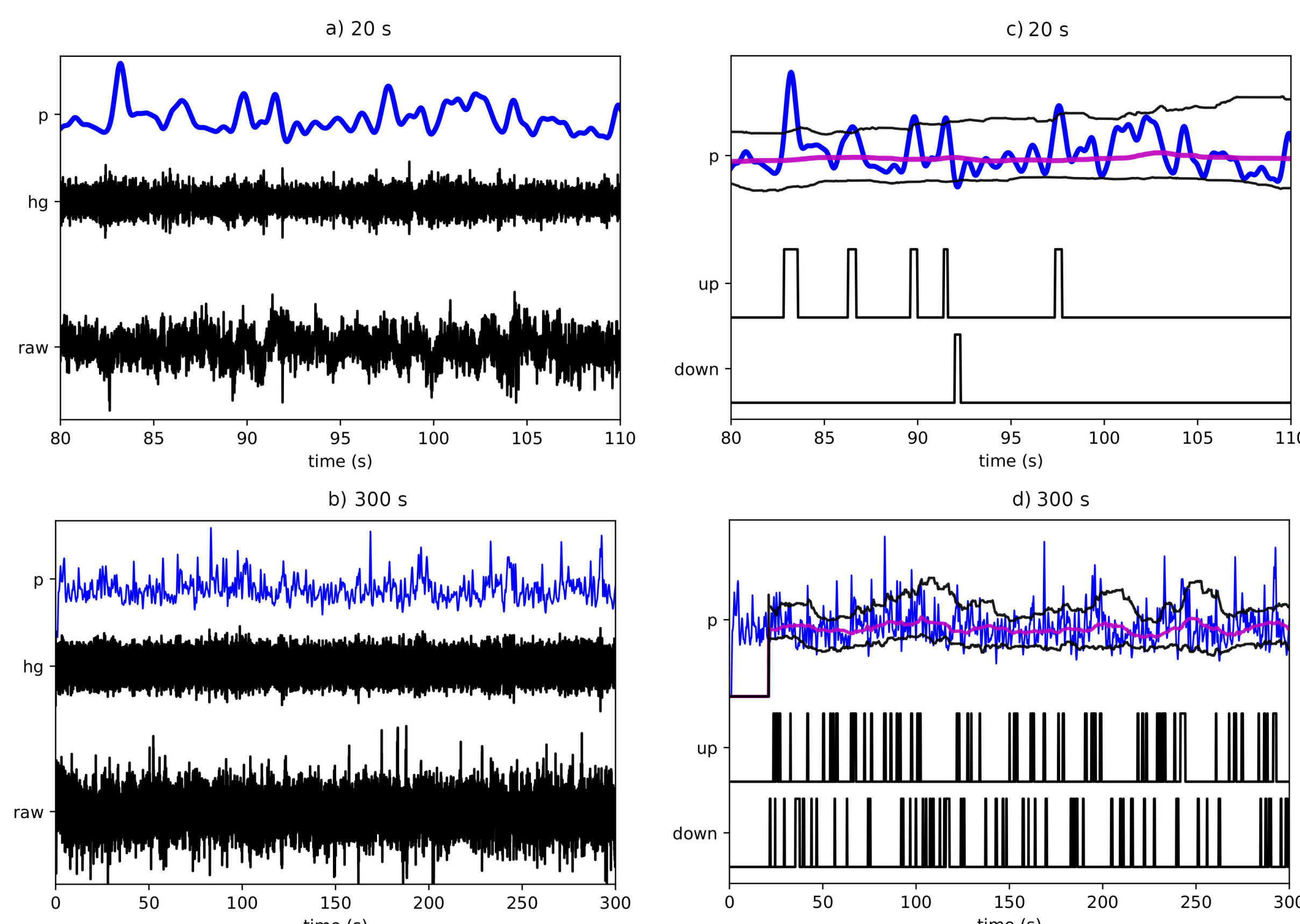
ANALYSE DES SIGNAUX (a, b)

- Fenêtres glissantes de 1 s, glissement de 30 ms.
- Apodisation par une fenêtre de Hann :

$$x_h(t, k) = x(t - N + 1 + k) h(k)$$
- Calcul de la puissance $p(t)$ dans la bande H γ

$$X(t, f) = \sum_{k=0}^{N-1} x_h(t, k) \exp(-j 2\pi f \frac{k}{N})$$

$$p(t) = \frac{2}{N} \sum_{f=f_1}^{f_2} |X|^2(t, f)$$
- Lissage par filtre moyen sur 500 ms.



ALGORITHME DE DÉTECTION ROBUSTE (c, d)

- Initialisation des valeurs initiales sur 20 s.
- Calcul du signal de puissance de référence $p_r(t)$, avec f paramètre d'influence des pics :

$$p_r(t) = \begin{cases} p(t) & \text{si } p(t) \in [\theta_{down}, \theta_{up}] \\ (1-f)p_r(t-1) + f p(t) & \text{sinon} \end{cases}$$
- Calcul de la valeur médiane m et du MAD M_i :

$$m(t) = \text{median}(p_r(t), \dots, p_r(t-o))$$

$$M_i(t) = \text{MAD}(p_{r,i}(1), \dots, p_{r,i}(\frac{o}{2}))$$

$$\text{MAD}(x_1, \dots, x_n) = \text{median}(|x_1 - x_m|, \dots, |x_n - x_m|)$$

$$x_m = \text{median}(x_1, \dots, x_n)$$
- Détection des activités up ou down avec $p(t)$ selon le seuil fluctuant:

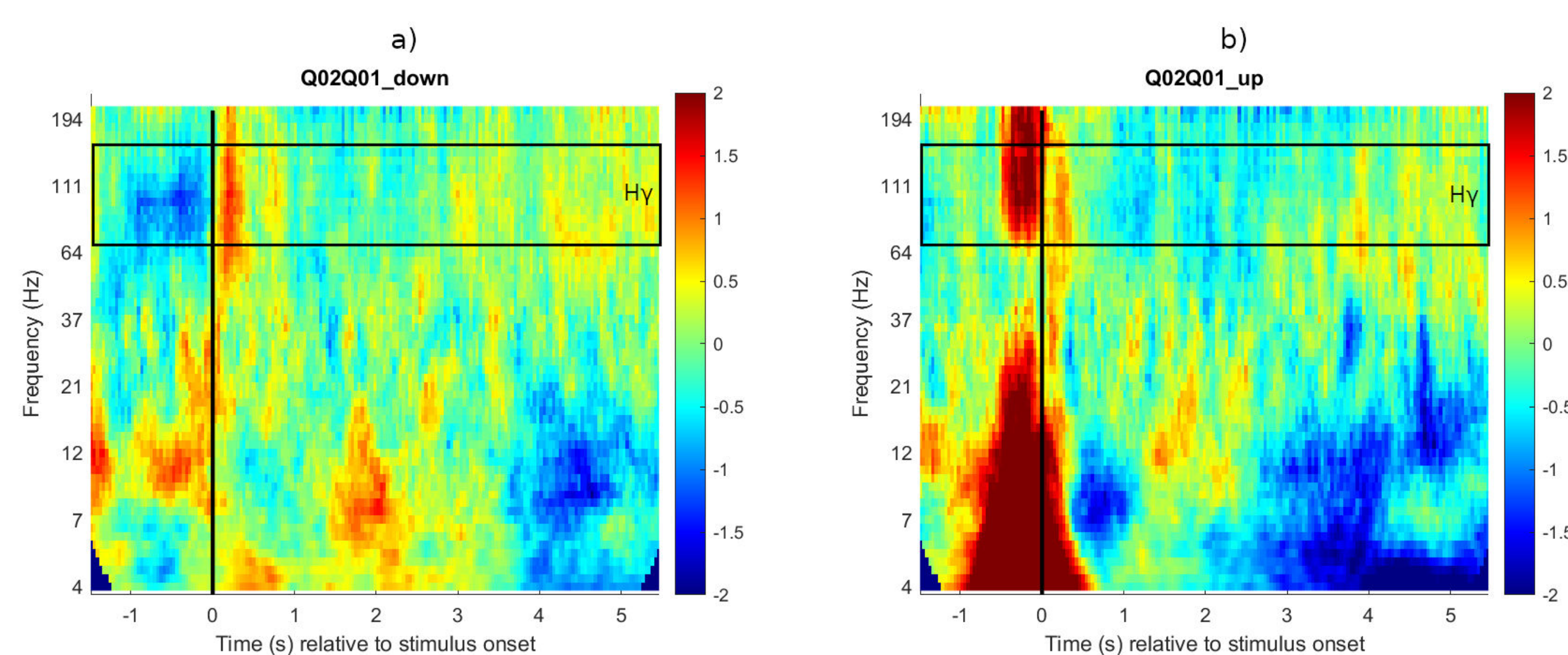
$$\theta_i(t) = m(t) \pm \alpha_i M_i(t)$$

Les seuils initiaux sont calculés sur les données des 20 premières secondes. i up, pour tous les échantillons supérieurs à la médiane, i down pour tous les échantillons inférieurs à la médiane. $p_{r,i}(k)$ dans l'ensemble des valeurs supérieures ou inférieures à la médiane estimée sur un ensemble de $o = 640$ points pour une fenêtre d'analyse de 20 s à 32 Hz. $f = 0.8$ et $\alpha_i = 3.5$

Analyse Hors Ligne des Données Expérimentales Obtenues avec Stimulations Asservies

On obtient des cartes temps-fréquences moyennes à partir des signaux enregistrés autour des stimuli : Epoques de 7 s, moyennage sur 70 stimuli déclenchés sur l'activité down (a) et 70 stimuli sur l'activité up (b).

- a) Les activités dans la bande H γ sont basses avant la stimulation.
- b) Les activités dans la bande H γ sont hautes avant la stimulation.
- Les réponses obtenues après la stimulation sont différentes selon les stimuli déclenchés sur l'activité up ou down.



Les représentations temps-fréquences sont calculées en utilisant l'approche des multitapers de Fieldtrip, qui consiste à appliquer une séquence de fenêtres de pondération aux données avant de calculer les transformées de Fourier (Short Time Fourier Transform). On remarque que le pic d'activité se situe dans la fenêtre de détection d'une seconde utilisée pour le calcul en temps réel avant la stimulation asservie à $t = 0$.

Conclusion

Notre approche permet de présenter des stimuli en déclenchant sur des activités up et down dans une région d'intérêt du cerveau. Les résultats présentés ici ont été obtenus sur un individu. Depuis la soumission de l'article, les résultats ont été confirmés sur d'autres sujets.