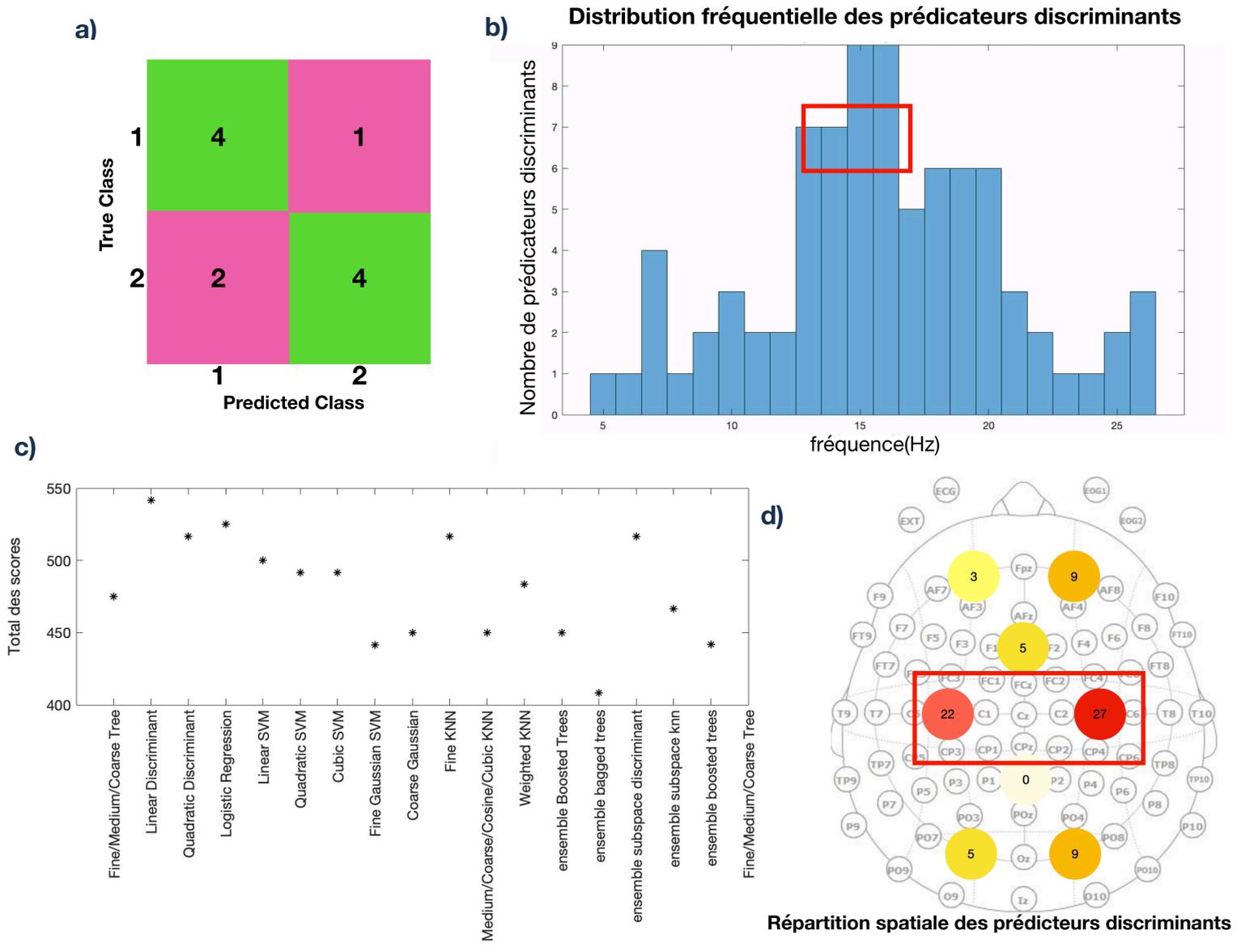


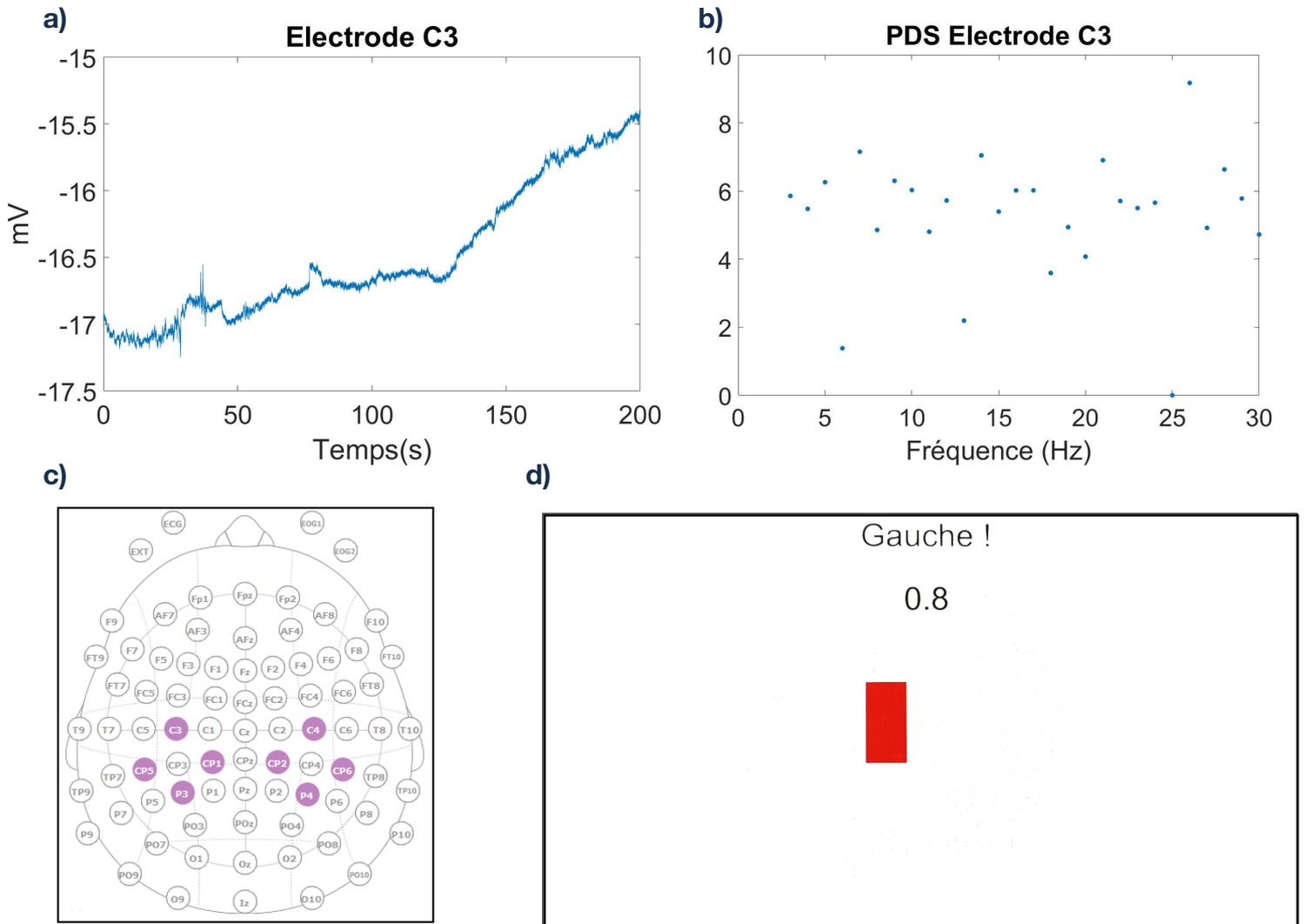
Figure 1: Recherche des meilleurs biomarqueurs



a) Matrice de confusion du modèle issu du classifieur Logistic Regression et des données du sujet 3. On peut lire que le modèle a correctement prédit 4 fois que le sujet réalisait la tâche « main droite » (classe 1), et a prédit 1 fois qu’il réalisait « main gauche » sans succès. De même pour la classe 2. Pour ce sujet là le score du modèle est de 8/11.

L’expérience a été faite sur un groupe de 12 sujets. Nous représentons ici : **b)** La distribution fréquentielle des prédicteurs discriminants. Chaque prédicteur est la densité spectrale de puissance (3 à 30Hz) d’une électrode. Par exemple, le 4ème prédicteur est la composante à 8 Hz du signal de l’électrode en position C4. On a au total 224 prédicteurs(28 fréquences x 8 électrodes). Pour chaque sujet nous avons trouvé un classificateur et entre 7 et 10 prédicteurs discriminants. Nous avons sélectionné le classificateur et les prédicteurs de sortes à avoir le modèle au meilleur score de validation croisée pour chaque sujet. Exemple de lecture de la figure : sur l’ensemble complet du groupe de sujet, il y a 9 prédicteurs à 16Hz. La zone encadrée en rouge est la zone prévue par la littérature. **c)** Pour chaque classificateur nous calculons le score obtenu pour un sujet avec ses prédicteurs discriminants. Le score total, est la somme sur tout les sujets pour chaque classificateur. On lit donc que les classificateurs les plus adaptés à notre exercice sont : Logistic Regression et Linear Discriminant. La complexité et le temps de prédiction du classificateur augmente de gauche à droite. **d)** La carte des zones discriminantes. Les électrodes sont positionnées sur les zones recouvertes d’un cercle coloré. Dans chaque cercle il est inscrit le nombre de prédicteurs discriminants positionnés dans cette zone. Exemple de lecture: sur l’ensemble complet du groupe de sujet, il y a 27 prédicteurs associés à la zone cérébrale recouverte du cercle rouge foncé sur la carte. L’électrode de référence est placée sur l’oreille droite ce qui explique la dissymétrie. Les zones encadrées en rouge (**b)** et **d)**) sont les résultats de la littérature.

Figure 2: Conception d'une plateforme de neuro-feedback



$$\mu_R = \frac{\sum_{\text{electrodesdroite}} PSD(\text{signal}_i)}{\sum_{\text{electrodesdegauche}} PSD(\text{signal}_i)}$$

PSD=Densité spectrale de puissance de 13 à 15HZ

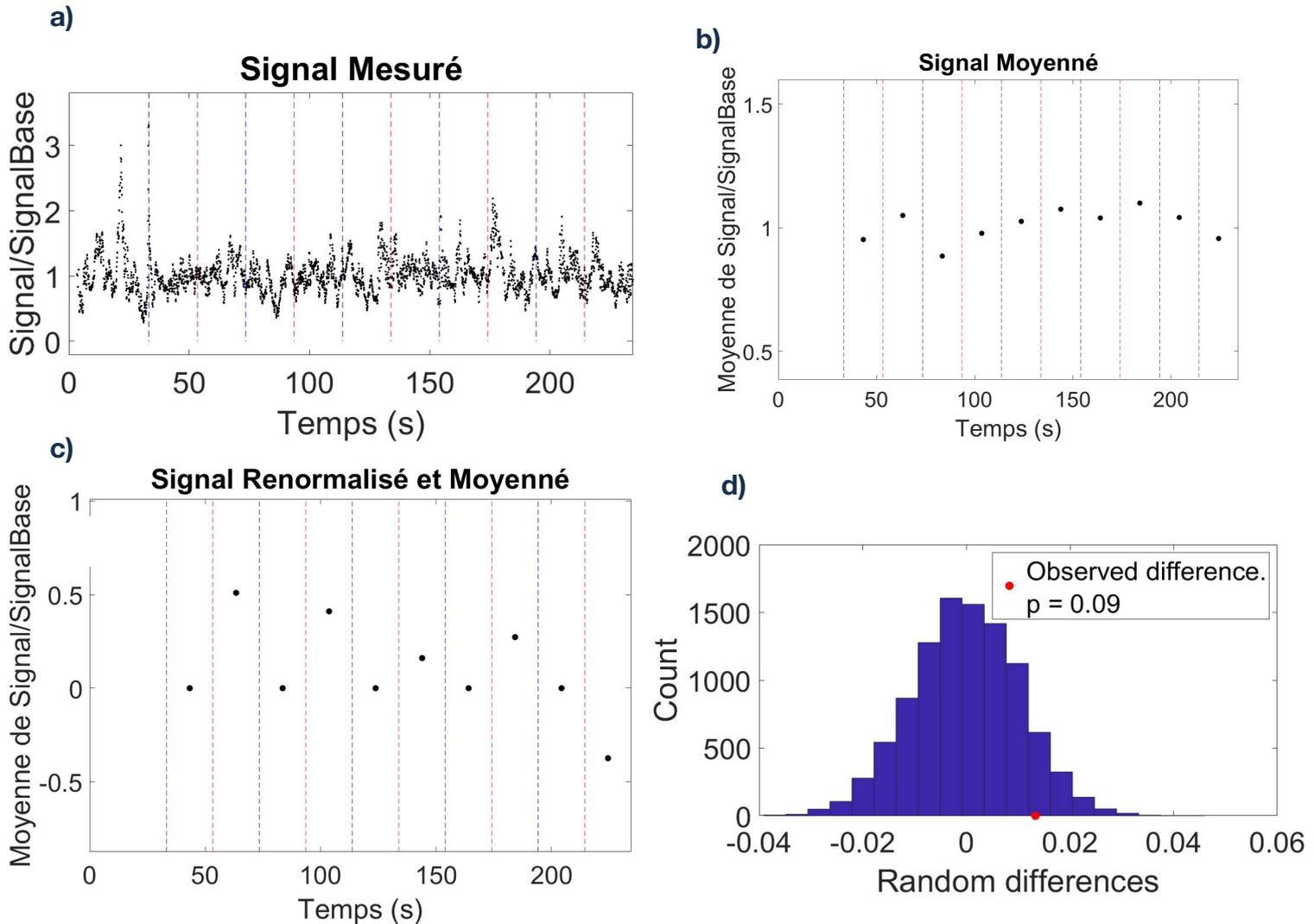
a) Signal brute reçu par l'électrode C3, on observe la dérive du signal pendant l'expérience, ce que doit être prise en compte quand on fait l'analyse des résultats et idéalement pendant la réalisation de l'expérience.

b) Densité de puissance spectrale du signal de l'électrode obtenue via la fonction « pwelch » de Matlab avec une fenêtre de 600 ms et un recouvrement de 250 ms, pendant l'expérience cette densité a été calculée toutes les 3 secondes, avec une fenêtre glissante de 2 secondes. Les paramètres ont été pensés de façon à s'affranchir principalement de la dérive temporelle du signal et de pouvoir donner un feedback au sujet à chaque seconde.

c) Positionnement des électrodes lors de l'expérience.

d) Capture d'écran de ce que le sujet voyait pendant l'expérience. La commande est affichée en haut. Le nombre en dessous est la valeur du biomarqueur (voir définition **e)**) permettant donc le feedback. Le sujet doit essayer d'augmenter le nombre si la commande est « Droite ! » et de le diminuer si la commande est « Gauche ». La barre se déplace vers la droite ou vers la gauche selon la comparaison du signal avec le signal de base enregistré au début de l'expérience, le signal doit être plus grand (plus petit) que, le signal de base plus (moins) son écart type, pour aller vers la droite (gauche).

Figure 3: Analyse de puissance statistique du biomarqueur



Les lignes bleu et rouge dans les figures **a)**, **b)** et **c)** delimitent les intervalles où la commande est gauche (après ligne bleu) ou droite (après ligne rouge). **a)** Evolution du biomarqueur mesurée pendant l'expérience d'un des 13 sujets. Le signal, dit ratio, correspond à la somme de la densité de puissance spectrale entre 13 et 15 Hz des électrodes à droite sur la somme de la densité de puissance spectrale entre 13 et 15 Hz des électrodes à gauche. Le signal de base est enregistré pendant 30 secondes au début de l'expérience (jusqu'à la première ligne bleu), le reste du signal est divisé par la moyenne de cet enregistrement initial. **b)** Moyenne du ratio dans chaque intervalle pour un sujet. **c)** Evolution du biomarqueur après renormalisation du signal. Pour chaque groupe d'intervalle gauche/droite successif, on applique aux données la transformation suivante: $\text{biomarqueur}(t) \rightarrow (\text{biomarqueur}(t) - \text{moyenne du biomarqueur sur intervalle gauche}) / \text{ecart_type du biomarqueur sur l'intervalle gauche}$. De cette façon on évite la dérive due au variation de l'excitation physiologique et on peut comparer les sujets entre eux. **d)** Test de permutation réalisé avec les données des 13 sujets analysés. On étudie la différence entre la moyenne du signal de droite et la moyenne du signal de gauche après renormalisation du signal. Si les 2 signaux sont équivalents on doit obtenir une différence très proche de 0, car la normalisation fait déjà que la moyenne du signal à gauche est nulle. On obtient une différence de 0.0133 (point marqué en rouge). Le test de permutation montre que si on change les étiquettes des mesures « gauche » et « droite » on obtient une différence de moyenne plus élevée que celle obtenue dans 9% des cas seulement.