



HAL
open science

Inversion de signaux EEG pour la détection de marqueurs prédictifs du déclin cognitif chez les personnes quinquagénaires

Valentin Debenay, Grégory Turbelin, Jean-Pierre Issartel, Caroline Chambon, Myriam Cayre, Béatrice Alescio-Lautier, Amine Chellali, Marie-Hélène Ferrer

► To cite this version:

Valentin Debenay, Grégory Turbelin, Jean-Pierre Issartel, Caroline Chambon, Myriam Cayre, et al.. Inversion de signaux EEG pour la détection de marqueurs prédictifs du déclin cognitif chez les personnes quinquagénaires. Colloque Évry-Sénart Science et Innovation (ESSI) 2023, Jun 2023, Evry-Courcouronnes, France. 2023. hal-04510917

HAL Id: hal-04510917

<https://univ-evry.hal.science/hal-04510917v1>

Submitted on 19 Mar 2024

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.

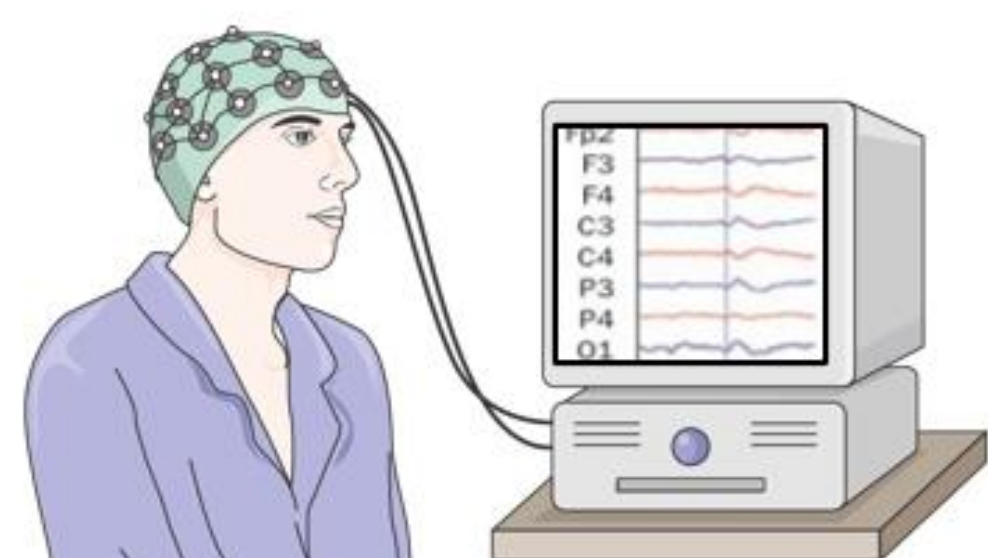
Inversion de signaux EEG pour la détection de marqueurs prédictifs du déclin cognitif chez les personnes quinquagénaires

Valentin DEBENAY^{1,4,5}, Grégory TURBELIN¹, Jean-Pierre ISSARTEL¹, Caroline CHAMBON², Myriam CAYRE³, Béatrice ALESCIO-LAUTIER³, Amine CHELLALI⁴, Marie-Hélène FERRER⁵

¹Laboratoire de Mécanique et d'Énergétique d'Évry (LMEE, EA 3332), Université d'Évry-Val d'Essonne. ²Laboratoire de Neurosciences Sensorielles et Cognitives (LNSC, UMR-CNRS 7260), Aix-Marseille Université. ³Laboratoire de Neurosciences Cognitives (LNC, UMR-CNRS 7291), Aix-Marseille Université. ⁴Laboratoire d'Informatique, Bio-Informatique et Systèmes Complexes (IBISC, EA 4526), Université d'Évry-Val d'Essonne. ⁵Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA) de Brétigny-sur-Orge, Service de Santé des Armées (SSA).

I. LE CONTEXTE

- **L'électroencéphalographie (EEG)** est une technique de mesure de l'activité électrique du cerveau.
 - Consiste à mesurer des **différences de potentiel** (μV) entre plusieurs électrodes positionnées sur le cuir chevelu, et une référence.
 - Ses avantages:
 - ✓ Non-invasive,
 - ✓ Simple d'utilisation,
 - ✓ Relativement peu onéreuse,
 - ✓ Très haute résolution temporelle (ms).
- Résoudre le **problème inverse neuroélectrique** consiste à **reconstruire les sources électriques dans le cerveau** qui sont à l'origine des signaux EEG mesurés au niveau du scalp [1].
- La méthode dite de « **renormalisation** » résout le problème inverse neuroélectrique grâce au concept de « **visibilité** » [2] issu des **fonctions lead fields** [3].

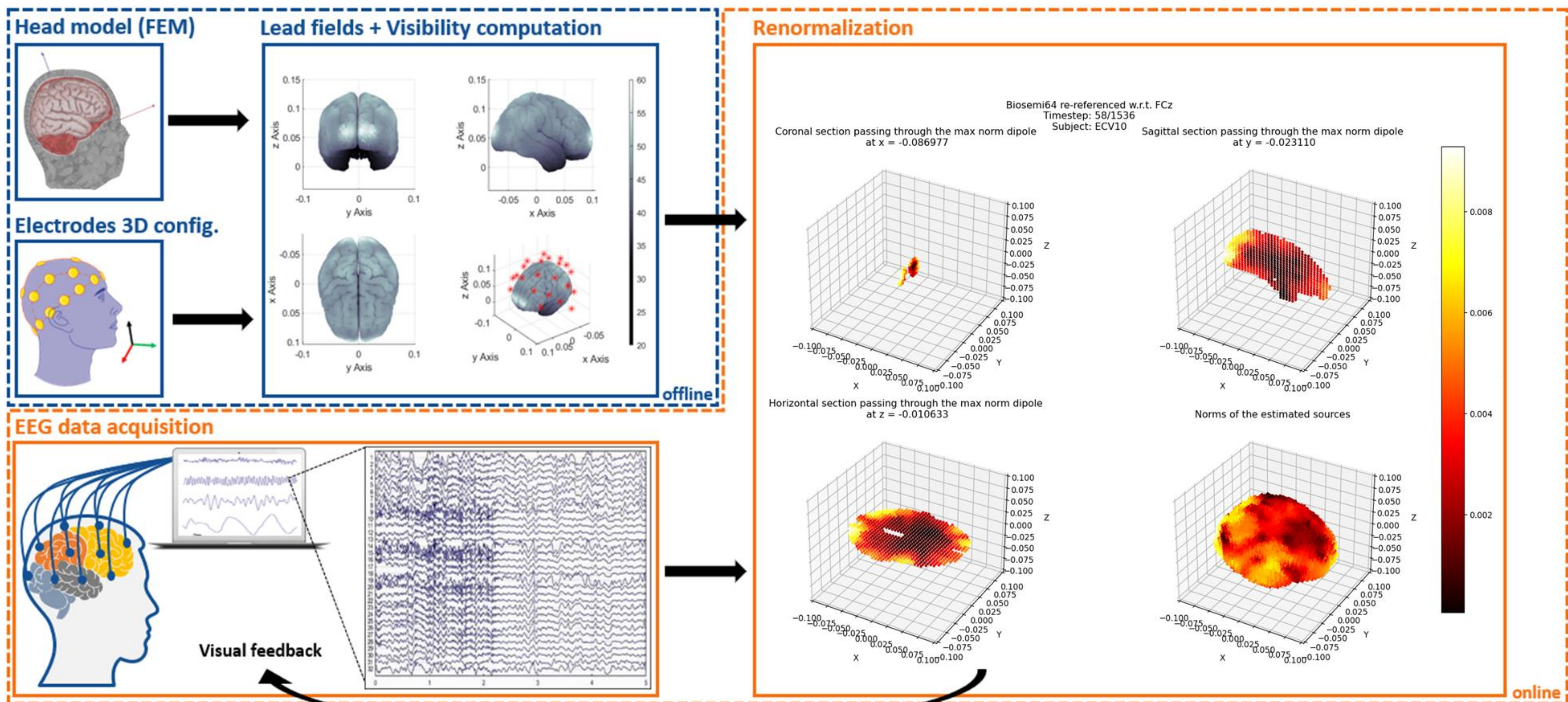
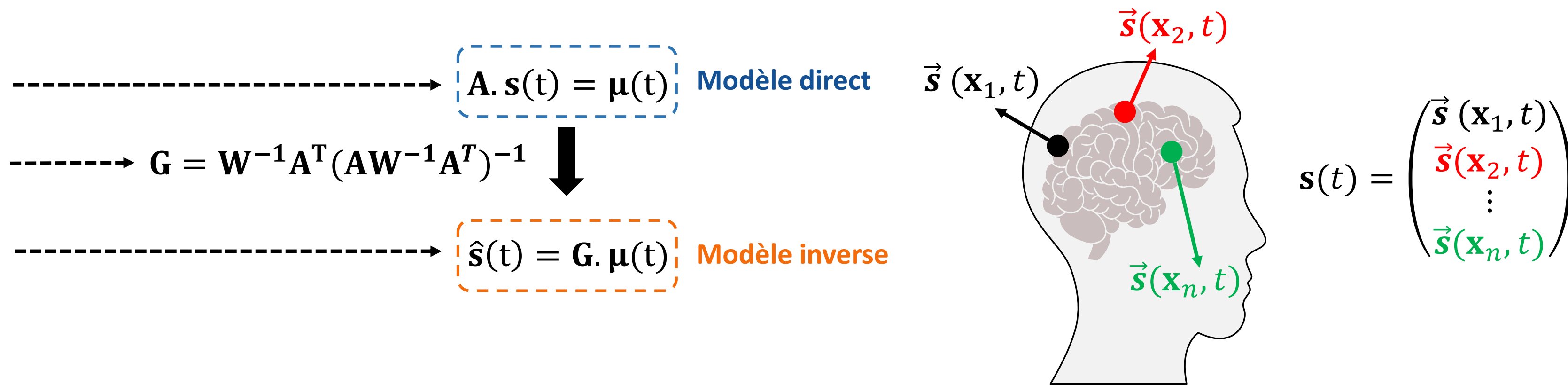


II. LES OBJECTIFS

- **Reconstruction des sources EEG sur 35 sujets quinquagénaires** effectuant une tâche de **mémoire de travail** → **Dynamiques spatio-temporelles d'activation des sources**.
 - Diagram showing task sequence: Croix de fixation (1s) → Stimulus (0.5s) → Croix de fixation (Rétention) (3s) → Propositions de réponse (4s max version = clavier, 7s max version = dessin) → Clic réponse (G ou D).
- **Analyse des processus neurocognitifs** associés à ces dynamiques d'activation, et **comparaison** avec les dynamiques d'activation de **30 jeunes adultes** (20-30 ans) réalisant la même tâche.
- Classement des sujets quinquagénaires en **deux sous-groupes d'effort cognitif** fourni pendant la tâche à **partir des résultats de la renormalisation**, puis comparaison avec celui réalisé sur la base de leurs données de **dilatation pupillaire** (indicateur pertinent de l'effort cognitif fourni durant une tâche [4]).

III. LA METHODE D'INVERSION: LA RENORMALISATION

- Mise en œuvre:
 - 1) Calcul de la **matrice des lead fields A** (sensibilité de mesure pour chaque électrode).
 - 2) Génération de la **matrice de visibilité W** (sensibilité globale de mesure du réseau) [5].
 - 3) Calcul des **sources estimées $\hat{s}(t)$** à chaque pas de temps en appliquant l'opérateur **pseudo-inverse G** au **vecteur de mesures $\mu(t)$** .
- L'estimation de sources permet:
 1. La cartographie 3D précise en temps réel de l'activité électrique du cerveau.
 2. La caractérisation (position, orientation & intensité) de sources ponctuelles et distribuées.



IV. DÉTECTION DE MARQUEURS PRÉDICTIONNELS

- Acquisition des signaux EEG: Système Biosemi ActiveTwo avec casque à 64 électrodes.
- 2 populations étudiées: 30 sujets de 20-30 ans et 35 sujets de 50-60 ans.
- Pour chaque sujet: 15 essais d'entraînement + 4 x 25 essais avec pauses de 30s (=35min).
- Mise en évidence:
 - Lobes/gyrus cérébraux sollicités au cours de la tâche de mémoire de travail.
 - Séquences d'activations successives au cours du temps.
 - Activations bilatérales vs. Unilatérales [6, 7].

V. RÉFÉRENCES

- [1] Grave de Peralta, R., O. Hauk, & S. L. Gonzalez (2009), The Neuroelectromagnetic Inverse Problem and the Zero Dipole Localization Error, Computational Intelligence and Neuroscience, 2009, 1-11 pages, doi:10.1155.
- [2] Issartel, J.-P. (2005), Emergence of a tracer source from air concentration measurements: a new strategy for linear assimilation, Atmos. Chem. Phys. 5, 1, 249-273, doi:10.5194/acp-5-249-2005.
- [3] Weinstein, D., Zhukov, L. & Johnson, C., Lead-field Bases for Electroencephalography Source Imaging. Annals of Biomedical Engineering 28, 1059-1065 (2000). https://doi.org/10.1114/1.1310220.
- [4] Sirois, S., Brisson, J. Pupillometry. Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci. 2014, 5, 679-692.
- [5] Turbelin, G., Issartel, J.-P., Debenay, V., Chellali, A., Ferrer, M.-H. (2023), The concept of EEG visibility tensor: a technical note, Biomedical Signal Processing and Control, Accepted with revisions.
- [6] The influence of normal aging on the cortical processing of a simple motor task Alexandra Sailer, Johannes Dichgans, Christian Gerloff Neurology Oct 2000, 55 (7) 979-985; DOI: 10.1212/WNL.55.7.979
- [7] A.P. Anokhin, N. Birbaumer, W. Lutzenberger, A. Nikolaev, F. Vogel Age increases brain complexity Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 99 (1996), pp. 63-68, 10.1016/0921-884X(96)95573-3