



HAL
open science

Architecture d'accélérateur matériel de calcul pour le décodage de signaux neuronaux dans une interface cerveau-machine

Joe Saad

► **To cite this version:**

Joe Saad. Architecture d'accélérateur matériel de calcul pour le décodage de signaux neuronaux dans une interface cerveau-machine. ComPAS 2023 - Conférence francophone d'informatique en Parallélisme, Architecture et Système, Jul 2023, Annecy, France. cea-04662630

HAL Id: cea-04662630

<https://cea.hal.science/cea-04662630>

Submitted on 26 Jul 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.

Architecture d'accélérateur matériel de calcul pour le décodage de signaux neuronaux dans une interface cerveau-machine

Joe Saad *

Univ. Grenoble Alpes, CEA, List, F-38000 Grenoble, France
joe.saad@cea.fr

Résumé

Il est aujourd'hui possible de « lire des pensées » de notre cerveau sans que cela relève, pour autant, de science-fiction. En effet, les techniques d'acquisition des signaux cérébraux vont de l'électroencéphalographie (EEG), non invasive mais limitée en précision, à l'implant d'électrodes dans le cerveau pour une meilleure résolution spatio-temporelle mais au prix d'un risque élevé de complications physiologiques. L'électrocorticographie (ECoG) est une technique épurale faisant un compromis entre bonne résolution et faible risque d'infection ce qui permet son utilisation dans des interfaces cerveau-machine. Une équipe de chercheurs et d'ingénieurs au CEA-LETI/Clnatec a déjà fait la preuve de concept d'une interface cerveau-moelle-épinière qui a permis la restauration de la marche chez des patients paraplégiques grâce au décodage des signaux cérébraux correspondant à l'intention de marche. « Lire des pensées » correspond ainsi non seulement à l'acquisition des signaux du cerveau mais aussi à une étape ultérieure de traitement et de décodage afin de pouvoir les utiliser, par exemple, dans la commande de mouvement d'effecteurs de suppléance fonctionnelle chez des patients tétraplégiques. Ces traitements mathématiques (transformées en ondelettes, transformées de Fourier, multiplications tensorielles en grande dimension...) nécessitent des capacités de calculs élevées et par conséquent énergivores. Le prototype actuel conçu par le CEA-LETI/Clnatec utilise un ordinateur portable (consommation proche de 100W) porté dans un sac-à-dos par le patient, restreignant l'application à un contexte clinique au vue des limites de portabilité et de temps d'autonomie. À long terme, l'objectif est d'embarquer les calculs dans un implant cérébral qui devra répondre à un budget de puissance de moins de 100mW, soit une réduction d'un facteur 1000X par rapport à l'existant. Pour relever ce défi, il sera nécessaire d'explorer, dans le cadre de cette thèse, des solutions innovantes et au-delà de l'état de l'art actuel sur trois aspects principaux : l'optimisation des algorithmes de décodage et d'apprentissage, l'exploration de nouvelles architectures matérielles à faible consommation énergétique et la conception d'un circuit intégré spécifique à l'application (ASIC) adapté. Cette thèse s'inscrit dans la continuité des travaux existants, mais visera des solutions innovantes permettant le décodage de signaux neuronaux de façon rapide et efficace.

Mots-clés : Accélérateur matériel, Circuits intégrés, Système sur puce, Ondelettes.

*. Le texte a été relu par Adrian Evans et Ivan Miro Panades.