	PROJET PIQ MYOLIBRE **Marché A Procédure Adaptée** (En application des articles L2123-1 et R2123-1 à 7 du code de la commande publique)

CAHIER DES CHARGES

MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES ET SERVICES

PROJET PIQ MYOLIBRE

2026- 1752	Lot 1 – Conception et production de cartes électroniques

CENTRE INRIA DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES
Inovallée, Avenue de l'Europe,
38334 Montbonnot Saint Martin

1. Objet du lot

L'objectif est de concevoir une carte électronique robuste, fiable et industrialisable constituant le cœur de la plateforme Myolibre. Cette carte devra permettre de valider les principaux choix techniques retenus pour les futures versions du système tout en restant suffisamment modulaire pour accompagner les évolutions du projet.

La conception devra répondre aux objectifs suivants :

- acquérir des signaux électromyographiques (EMG) de surface avec un niveau de bruit et une qualité compatibles avec le contrôle d'une prothèse de main (capteurs EMG OttoBock par exemple),
- assurer le traitement des signaux et le pilotage en temps réel des actionneurs de la main prothétique,
- gérer l'alimentation du système, la recharge de la batterie ainsi que les fonctions de supervision énergétique,
- permettre la communication avec des équipements externes (ordinateur, smartphone ou outils de développement) pour la configuration, les mises à jour et le diagnostic,
- privilégier une architecture modulaire, documentée et facilement maintenable afin de faciliter les évolutions futures du matériel.

Le projet Myolibre s'inscrivant dans une démarche Open Hardware et Open Source, la conception devra également respecter les principes suivants :

- privilégier l'utilisation d'outils de conception ouverts lorsque cela est possible,
- utiliser exclusivement des composants, bibliothèques logicielles et éléments de propriété intellectuelle dont les licences autorisent une redistribution libre dans le cadre d'un projet Open Source et Open Hardware,
- éviter tout composant ou technologie imposant des accords de confidentialité (NDA), des licences restrictives ou empêchant la publication complète des schémas, des fichiers de conception ou du firmware,
- fournir l'ensemble des livrables dans un format permettant leur modification, leur réutilisation et leur diffusion par des tiers,
- produire une documentation suffisamment complète pour permettre à toute personne ou organisation de reproduire, fabriquer, maintenir et faire évoluer le système sans dépendre du prestataire.

2. Description fonctionnelle

2.1 Acquisition EMG

La carte devra intégrer :

- deux voies d'acquisition EMG (0-5 V) ;
- une alimentation pour les capteurs > 5 V ;
- une bande passante adaptée à l'acquisition de signaux EMG.

2.2 Microcontrôleur

- Microcontrôleur basse consommation, cadencé de manière stable, avec timers haute précision (idéalement de la famille RP2040 ou RP2350).
- Code source entièrement en C, fourni en version commentée.
- Compilateur Open Source
- Licence Open Source (licence choisie ensemble).

2.3 Commande de moteur brushless

La carte électronique devra assurer le pilotage des moteurs brushless (BLDC) équipant la main prothétique. La solution retenue devra permettre un contrôle précis, fluide et réactif des mouvements, tout en garantissant un rendement énergétique élevé et un encombrement compatible avec une intégration embarquée.

Le système de commande devra être basé sur une commande sensorless, c'est-à-dire ne nécessitant aucun capteur de position rotor (codeur, capteurs Hall ou équivalent). La détermination de la position du rotor devra être réalisée par l'analyse des grandeurs électriques du moteur (force contre-électromotrice, observateur d'état, estimation de flux ou toute autre méthode appropriée).

Les exigences principales sont les suivantes :

- commande de moteurs brushless triphasés (BLDC) de faible puissance,
- fonctionnement en mode sensorless sur toute la plage de fonctionnement compatible avec les performances des moteurs retenus,
- génération des signaux de commande PWM adaptés aux étages de puissance,
- gestion des séquences de démarrage, d'accélération, de freinage et d'arrêt,
- régulation stable de la vitesse et/ou du couple selon les besoins de l'application,
- prise en compte des protections électriques (surintensité, sous-tension, surtension, surchauffe, blocage rotor et court-circuit),

La conception devra permettre, dans les phases ultérieures du projet, l'évolution des algorithmes de commande sans modification majeure de l'architecture matérielle.

2.4 Communications

La carte devra intégrer :

- une interface USB-C,
- éventuellement une liaison série de débogage.

2.5 Gestion de l'alimentation

La carte devra intégrer :

- alimentation sur batterie Li-Ion ou Li-Po 2s1p,
- circuit de charge USB-C,
- protections batterie,

- génération des différentes tensions nécessaires (analogique et numérique),
- mesure du niveau de batterie.

3. Contraintes techniques

3.1 Performances analogiques

Les performances devront être compatibles avec une acquisition EMG de qualité médicale :

- faible bruit d'entrée,
- stabilité thermique,
- limitation des dérives,
- faible diaphonie entre voies.

Les performances devront être justifiées par simulation ou mesures.

3.2 Architecture PCB

Le routage devra respecter les bonnes pratiques de conception mixte analogique/numérique:

- séparation des masses analogiques et numériques lorsque pertinent,
- plans de masse continus,
- limitation des boucles de courant,
- respect des contraintes CEM.

3.3 Consommation

L'autonomie est un objectif important.

Le prestataire devra optimiser :

- la consommation des convertisseurs,
- du microcontrôleur.

3.4 Fabrication

La carte devra être industrialisable.

Les composants devront être choisis parmi des références disponibles chez les principaux distributeurs (Mouser, Digikey, Farnell, etc.).

Les composants en fin de vie (NRND ou Obsolete) seront proscrits.

4. Livrables attendus

4.1. Livrables techniques

- Fichiers de conception complets au format KiCad :
- Schémas électriques

- Routage PCB
- Bibliothèques et footprints
- Fichiers de fabrication industriels (Gerber, Pick-and-Place, BOM).
- Code source C complet et documenté
- Firmware microcontrôleur
- Scripts/outils si nécessaire

4.2. Documentation

- Guide d'utilisation du module
- Documentation technique complète
- Architecture logicielle détaillée
- Guide d'intégration de la carte électronique dans la prothèse Myolibre
- Documentation des interfaces matérielles et logicielles
- Procédure de programmation et de mise à jour du firmware

4.3. Cartes d'essais

À chaque itération, le prestataire devra fournir :

- 5 cartes d'essais fonctionnelles
- Tests unitaires et rapports d'essais

Deux itérations sont prévues :

1. Itération 1 : carte d'essai Alpha / validation des fonctionnalités
2. Itération 2 : carte d'essai Beta / correction et optimisation

4.4. Dossier final

À la fin du projet, le prestataire fournira :

- Un dossier de fabrication complet, prêt pour un sous-traitant sélectionné conjointement.
- Tous les fichiers source du projet matériel et logiciel.
- Une version finalisée Open Source.

5. Obligations du prestataire

- Concevoir un système fonctionnel répondant à toutes les exigences ci-dessus.
- Garantir la fourniture des sources complètes (hardware + firmware).

- Fournir les cartes d'essai dans les délais convenus.
- Respecter le futur caractère Open Source du projet.
- Fournir un support technique durant les tests des deux itérations.

6. Propriété intellectuelle

- L'ensemble des livrables (schémas, PCB, code, documentation) deviendra la propriété du client dès la livraison du projet.
- Le prestataire accepte que le client publie tout le projet en Open Source.

7. Planning prévisionnel

1. Phase de design préliminaire : 2 à 4 semaines
2. Itération 1 – carte d'essai Alpha : 4 à 6 semaines
3. Évaluation & retours : 1 à 2 semaines
4. Itération 2 – carte d'essai Beta : 4 à 6 semaines
5. Finalisation et dossier industriel : 2 à 3 semaines

8. Validation

La validation finale sera effectuée après:

- Vérification de la qualité de mesure EMG
- Vérification de la qualité de mesure des courants et tensions moteurs
- validation du pilotage sensorless des moteurs
- validation des performances thermiques
- validation de la consommation électrique.
- Tests fonctionnels de la protection et de la charge de la batterie
- Validation de la stabilité du firmware.
- Conformité des fichiers KiCad et fabrication.
- Validation des 5 cartes d'essai de chaque itération.

9. Production de cartes supplémentaires

Dans un second temps, et suite à la validation des cartes d'essais Beta, un certain nombre de cartes supplémentaires (40 à 200) pourront être produites par le prestataire.

Ces cartes seront identiques aux cartes d'essais Beta à l'exception éventuelle de changements mineurs requis par Inria.