

Plan de travail mini-projet Master

Extraction et modélisation des asymétries cinématiques de la marche post-AVC

1 Objectif général du projet

L'objectif du mini-projet est de mettre en place une chaîne complète de traitement des données pour prédire le côté parétique (gauche/droit) chez des patients post-AVC à partir de mesures issues de centrales inertielles (IMU) :

**Données IMU brutes → cycles de marche
→ paramètres cinématiques → indices
d'asymétrie → modèle de classification
binaire.**

Le livrable final est :

- un **rapport rédigé sous forme d'article scientifique** (environ 8–12 pages) ;
- un **code reproductible** (Python recommandé) permettant de rejouer les principales étapes.

2 Résultats attendus

En fin de projet, les résultats attendus sont :

1) Article scientifique

Un document structuré comprenant :

- une **introduction** présentant le contexte (AVC, marche, asymétrie, IMU) et la problématique ;
- une description du **jeu de données** et du **protocole expérimental** ;
- une partie **méthodes** détaillant :
 - le prétraitement des signaux et la segmentation des cycles,
 - l'extraction des paramètres cinématiques,
 - la construction des indices d'asymétrie,
 - les modèles de classification et le protocole d'évaluation ;
- une partie **résultats** (tableaux, figures, interprétation de base) ;

- une **discussion** (interprétation, limites, perspectives) ;
- une **conclusion** et une bibliographie.

2) Code et organisation

- scripts ou notebooks pour :
 - le prétraitement et l'extraction des cycles ;
 - le calcul des paramètres et indices d'asymétrie ;
 - l'entraînement et l'évaluation des modèles ;
- un fichier **README** expliquant :
 - la structure des dossiers,
 - comment exécuter les scripts principaux,
 - les dépendances logicielles.

3 Organisation temporelle globale

Période indicative : **mi-novembre → fin février**.

Les grandes phases sont :

1. Phase 0 : mise en route et cadrage.
2. Phase 1 : état de l'art ciblé et plan de l'article.
3. Phase 2 : prétraitement des données et segmentation des cycles.
4. Phase 3 : extraction des paramètres cinématiques et indices d'asymétrie.
5. Phase 4 : modélisation et classification.
6. Phase 5 : interprétation, rédaction et consolidation.
7. Phase 6 : finalisation de l'article et du code.

Les phases peuvent se chevaucher : la rédaction peut commencer dès que certaines parties (par exemple, données et méthodes) sont stabilisées.

4 Phases de travail détaillées

4.1 Phase 0 – Mise en route et cadrage

Objectif : comprendre précisément le problème et préparer l’environnement de travail.

Tâches à réaliser

- Lecture attentive de la fiche sujet et échange avec l’encadrant pour clarifier :
 - la définition du *côté parétique* ;
 - les labels disponibles dans les données (côté atteint, informations cliniques éventuelles).
- Mise en place de l’environnement technique :
 - installation de Python (ou Conda), Jupyter ou VS Code ;
 - tests d’accès au jeu de données, compréhension de la structure des dossiers et formats de fichiers.
- Exploration initiale :
 - ouverture d’un enregistrement exemple ;
 - visualisation de quelques signaux (accélération, gyromètre) pour se familiariser avec les données.

Livrable de phase

- Note de 1–2 pages décrivant :
 - le protocole et la configuration des capteurs ;
 - la problématique de classification (entrée, sortie).

4.2 Phase 1 – État de l’art et plan de l’article

Objectif : situer le projet dans la littérature et préparer l’ossature du rapport scientifique.

Tâches à réaliser

- Recherche bibliographique ciblée sur :
 - la marche post-AVC et les asymétries spatio-temporelles ;
 - l’utilisation d’IMU pour l’analyse de la marche post-AVC ;
 - les approches exploitant des indices d’asymétrie pour la classification ou la caractérisation de la marche pathologique.
- Lecture et prise de notes : pour chaque article pertinent, relever

- les objectifs,
- les types de données,
- les paramètres utilisés,
- les modèles mis en oeuvre.

- Construction d’un **plan d’article** détaillé :

- titres de sections et sous-sections ;
- contenu prévu dans chaque partie.

Livrables de phase

- Une **bibliographie commentée** (3–5 articles décrits en quelques lignes).
- Un **plan d’article** clair.
- Première version des sections :
 - **Introduction** (1–2 pages) ;
 - **Données et protocole** (description du jeu de données et des IMU).

4.3 Phase 2 – Prétraitement et segmentation des cycles

Objectif : passer des signaux bruts à des cycles de marche utilisables pour l’analyse.

Tâches à réaliser

- Chargement des données :
 - écrire une fonction qui charge un enregistrement complet (7 IMU) et renvoie les signaux sous forme de tableaux structurés (NumPy ou Pandas).
- Prétraitement :
 - appliquer un filtrage simple si nécessaire ;
 - gérer les valeurs manquantes ou segments aberrants.
- Détection d’événements de marche :
 - concevoir une méthode pour détecter les événements (attaque de talon, toe-off) à partir des capteurs des pieds ou tibias ;
 - vérifier visuellement la pertinence de la détection sur quelques signaux.
- Segmentation des cycles :
 - découper les signaux en cycles de marche ou en pas ;
 - associer chaque cycle à un côté (gauche ou droit).

Livrables de phase

- Un notebook ou script de prétraitement + segmentation documenté.
- Une version préliminaire des parties :
 - **Prétraitement des signaux ;**
 - **Segmentation des cycles de marche.**
- Quelques figures montrant les signaux avec les événements détectés.

4.4 Phase 3 – Paramètres cinématiques et asymétries

Objectif : produire des paramètres spatio-temporels et des indices d’asymétrie interprétables.

Tâches à réaliser

- Calcul des paramètres par pas/cycle :
 - durée du cycle, durée de la phase d’appui et d’oscillation ;
 - longueur de pas (si possible), vitesse de marche ;
 - autres paramètres pertinents selon les données disponibles.
- Construction des variables par côté :
 - calculer les paramètres séparément pour le côté gauche et le côté droit ;
 - vérifier la cohérence des valeurs (moyennes, dispersion).
- Construction des indices d’asymétrie :
 - définir, pour chaque paramètre f , au moins :
 - la différence $f_{\text{parétique}} - f_{\text{non-parétique}}$;
 - un indice d’asymétrie de type
$$AI = \frac{f_{\text{parétique}} - f_{\text{non-parétique}}}{f_{\text{parétique}} + f_{\text{non-parétique}}}.$$
 - fixer une convention claire pour identifier le côté parétique et la respecter partout.
- Analyse descriptive :
 - visualiser les distributions des indices d’asymétrie ;
 - comparer les profils des sujets “parétique gauche” et “parétique droit”.

Livrables de phase

- Un tableau final de **features** :
 - chaque ligne correspond à une unité d’analyse (cycle, ensemble de cycles, à préciser) ;
 - les colonnes correspondent aux indices d’asymétrie et autres variables ;
 - une colonne **label** indique le côté parétique (gauche/droit).
- Des figures descriptives (histogrammes, box-plots).
- Une version rédigée des sections :
 - **Paramètres cinématiques extraits ;**
 - **Construction des indices d’asymétrie.**

4.5 Phase 4 – Modélisation et classification

Objectif : entraîner des modèles de classification et analyser les features importantes.

Tâches à réaliser

- Définition du protocole expérimental :
 - choisir une stratégie de validation limitant la fuite d’information (par exemple séparation stricte des sujets entre apprentissage et test) ;
 - définir les métriques : accuracy, balanced accuracy, F1-score, AUC, etc.
- Modèles de base (baselines) :
 - régression logistique ;
 - SVM (linéaire ou RBF) ;
 - Random Forest (avec importance des variables).
- Modèle avancé :
 - CNN-1D si les données sont traitées comme séries temporelles ;
 - sinon, rester sur des modèles tabulaires robustes (par ex. Gradient Boosting).
- Comparaison :
 - entraîner tous les modèles sous le même protocole de validation ;
 - reporter les performances moyennes et leur variabilité.
- Analyse des features :
 - utiliser l’importance des variables (Random Forest, permutation importance, SHAP si possible) pour identifier les indices d’asymétrie les plus discriminants.

Livrables de phase

- Scripts/notebooks d'entraînement et d'évaluation documentés.
- Un tableau de résultats (baselines vs modèles avancés).
- Une première version de la section **Résultats** avec tableaux et figures.

4.6 Phase 5 – Interprétation, discussion et rédaction

Objectif : transformer les résultats numériques en message scientifique cohérent.

Tâches à réaliser

- Interprétation :
 - analyser quels modèles fonctionnent le mieux et dans quelles conditions ;
 - relier les asymétries importantes aux connaissances sur la marche post-AVC.
- Mise en perspective avec la littérature :
 - comparer les tendances observées aux travaux existants ;
 - positionner l'approche proposée (type de données, type de paramètres, performance).
- Analyse critique :
 - discuter la taille de l'échantillon, la variabilité inter-sujets ;
 - évoquer les limites du protocole et des modèles ;
 - proposer des pistes d'amélioration.
- Rédaction :
 - rédiger les sections **Discussion** et **Conclusion**.

Livrables de phase

- Sections **Discussion** et **Conclusion** et **perspectives** complètes (version brouillon avancée).

4.7 Phase 6 – Finalisation de l'article et du code

Objectif : produire une version propre et cohérente du rapport et du dépôt de code.

Tâches à réaliser

- Mise en forme de l'article :
 - homogénéiser le style, les notations, les figures ;
 - vérifier les références croisées (figures, tableaux, sections) ;
 - mettre la bibliographie au bon format.
- Nettoyage et organisation du code :
 - structurer le projet en dossiers (`data/`, `src/`, `notebooks/`, `results/`, etc.) ;
 - compléter le `README` pour la reproductibilité.
- Préparation éventuelle d'une présentation orale :
 - diaporama de 10–15 diapositives (contexte, méthodes, résultats, discussion).

Livrables de phase

- Article complet (PDF + sources).
- Dépôt de code propre et documenté.

5 Structure recommandée de l'article

La structure suivante est recommandée :

1. Titre, auteurs, affiliations.
2. Résumé et mots-clés.
3. Introduction.
4. Travaux connexes (facultatif si intégré à l'introduction).
5. Données et protocole expérimental.
6. Méthodes :
 - prétraitement et segmentation ;
 - paramètres cinématiques et indices d'asymétrie ;
 - modèles de classification et protocole d'évaluation.
7. Résultats.
8. Discussion.
9. Conclusion et perspectives.
10. Références.

Ce plan doit vous servir de guide pour organiser à la fois votre travail et votre rédaction au fil du projet.