

# 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.