

WheelMove-ID : User Manual

Software version : v0

Table des matières

WheelMove-ID : Manuel d'utilisation	1
1. Introduction.....	2
2. Protocole de mesure à suivre pour l'utilisation de cette application	2
2.1. Equipement	2
2.2. Calibrage	3
2.3. Statique	3
2.4. Ligne droite	3
2.5. Réutilisation du calibrage	3
2.6. Acquisitions.....	3
3. Format des données .csv à renseigner	3
4. Présentation générale de l'interface.....	4
5. Prétraitement des données	5
5.1. Paramètres de prétraitement	6
5.2. Paramètres du FRM	6
5.3. Acquisition statique	6
5.4. Acquisition en ligne droite	6
5.5. Acquisitions à traiter	7
5.6. Boutons de bas de page	7
6. Identification des actions locomotrices	8
6.1. Chargement des données.....	8
6.2. Valider les fichiers et paramètres	8
6.3. Analyser	9
6.4. Sauvegarder.....	9
7. Nous contacter.....	10

1. Introduction

Ce document est rédigé dans l'objectif de permettre l'utilisation éclairée et conforme à l'intention des développeurs de l'application WheelMove-ID.

Cette application à pour but de faciliter l'identification des actions locomotrices en fauteuil roulant manuel (FRM) à l'aide de centrales inertielles. En particulier, elle permet d'identifier les phases d'immobilité, de propulsion en ligne droite vers l'avant ou vers l'arrière, et les phases de virage avec différent niveau de courbure. Attention l'analyse est limitée, sur le plan théorique, à l'analyse sur sol plan horizontal. Elle peut cependant fonctionner sur d'autres plans mais les transitions entre plans ne sont pas prévues. Par ailleurs, cette version n'identifie pas la présence de pentes de devers, ou autres obstacles à franchir.

Les détails théoriques de cette approche sont présentés dans le second manuel disponible en anglais depuis l'onglet « Aide » de l'application ou dans [l'article associé à ces travaux](#).

2. Protocole de mesure à suivre pour l'utilisation de cette application

Afin d'utiliser l'application, l'enregistrement des déplacements en FRM doit être réalisée. Si pour cela des centrales inertielles sont utilisées alors l'étape de prétraitement est cruciale (cf. Prétraitement des données) et nécessite la mise en place du protocole détaillé ci-dessous.

Si d'autres outils sont utilisés pour mesurer les vitesses linéaire et angulaire du FRM au cours du temps, alors il est possible de se rendre directement à l'étape d'identification des actions locomotrices (cf. Identification des actions locomotrices). Attention dans ce cas à exprimer, pour chaque instant, les vitesses linéaires et angulaires du FRM dans le repère du FRM. Dans ce cas, la vitesse linéaire doit être présente uniquement suivant l'axe antéropostérieur et la vitesse angulaire suivant l'axe vertical.

2.1. Equipement

Matériel nécessaire à la réalisation de la mesure :

- 3 centrales inertielles
- Mètre ruban

Le positionnement des centrales inertielles sur le FRM est le suivant :

- Roue arrière gauche
 - Centrale fixée solidement, de préférence au moyeu de la roue
 - Aligner le plus possible un axe de mesure avec l'axe de rotation de la roue
- Roue arrière droite
 - Centrale fixée solidement, de préférence au moyeu de la roue
 - Aligner le plus possible un axe de mesure avec l'axe de rotation de la roue
- Châssis
 - Centrale fixée solidement sous l'assise sur le châssis, le plus proche possible du plan sagittal médian du FRM
 - Aligner le plus possible l'axe x de la centrale avec la direction antéropostérieure du FRM, dans le plan sagittal médian du FRM.

2.2. Calibrage

Une fois le FRM équipé des 3 centrales inertielles, deux acquisitions de calibrage doivent être réalisées pour déterminer les vitesses linéaire et angulaire du FRM à partir des données mesurées par les centrales inertielles (Gyroscopes et accéléromètres).

2.2.1. Statique

L'acquisition statique correspond à un enregistrement sans aucun mouvement du FRM. Elle doit durer entre 5 et 10 secondes. Elle est utilisée pour compenser toute erreur d'alignement de la centrale inertielles positionnée sur le châssis. L'utilisateur doit être installé dans le FRM pour prendre en compte l'effet de déformation du châssis avec la charge induite par le poids de l'utilisateur.

2.2.2. Ligne droite

L'acquisition en ligne droite est un enregistrement à réaliser de préférence avec l'utilisateur installé dans son FRM. Au cours de cette acquisition, un opérateur doit pousser le FRM en ligne droite (suivre un repère au sol pour plus de précision) sur une distance supérieure à deux tours de roues. L'acquisition en ligne droite est utilisée pour aligner les repères d'acquisitions des centrales avec les axes de rotation des roues arrière.

2.3. Réutilisation du calibrage

Attention, les acquisitions de calibrage doivent être réitérées à chaque changement de position des centrales inertielles, même minime.

Si les centrales ne sont pas déplacées et que le même FRM instrumenté des 3 centrales inertielles est utilisé avec un autre utilisateur, les acquisitions en statique et en ligne droite pourraient être réutilisées. Cependant il est souhaitable de les réitérer avec le nouvel utilisateur, et de réaliser une nouvelle mesure du rayon des roues.

2.4. Acquisitions

Une fois les deux acquisitions de calibrage réalisées, passer à la mesure des déplacements d'intérêt.

Si possible, limiter le temps d'acquisition afin d'assurer un temps de traitement raisonnable.

3. Format des données .csv à renseigner

L'application demande en entrée du prétraitement un fichier .csv par acquisition à traiter. Ce fichier doit contenir toutes les informations synchronisées des accéléromètres et gyroscopes des trois centrales inertielles utilisées. Pour cela, un fichier .csv doit être généré manuellement à partir des exports des données des centrales inertielles. Pour cela, il suffit de regrouper les données dans un fichier Excel avec **exactement** les en-têtes suivants (peu importe l'ordre) :

Chassis_Acc_X	RoueGauche_Acc_X	RoueDroite_Acc_X
Chassis_Acc_Y	RoueGauche_Acc_Y	RoueDroite_Acc_Y
Chassis_Acc_Z	RoueGauche_Acc_Z	RoueDroite_Acc_Z

Chassis_Gyr_X	RoueGauche_Gyr_X	RoueDroite_Gyr_X
Chassis_Gyr_Y	RoueGauche_Gyr_Y	RoueDroite_Gyr_Y
Chassis_Gyr_Z	RoueGauche_Gyr_Z	RoueDroite_Gyr_Z

Les données sont exprimées avec une colonne par capteur avec les labels ci-dessus (Figure 1).

Chassis_Acc_X	Chassis_Acc_Y	Chassis_Acc_Z	Chassis_Gyr_X	Chassis_Gyr_Y	Chassis_Gyr_Z	RoueGauche_Acc_X	RoueGauche_Acc_Y
-0.295355	-0.147991	9.796305	0.003643	0.003161	0.000167	-8.660958	0.185634
-0.295511	-0.147814	9.796303	0.000015	0.000052	-0.001651	-8.635166	0.194056
-0.278853	-0.131985	9.822051	0.002248	0.002629	-0.001531	-8.648513	0.186864
-0.261233	-0.147388	9.796918	0.003390	-0.000293	0.001719	-8.635297	0.194877
-0.278104	-0.162903	9.771169	0.000824	0.001993	0.000073	-8.668126	0.199340
-0.296372	-0.148710	9.820662	0.000015	0.000052	-0.001651	-8.648688	0.187890
-0.261491	-0.112519	9.799077	0.003434	-0.000138	-0.003235	-8.641859	0.176064
-0.260925	-0.145189	9.772563	0.001981	-0.000877	0.001672	-8.648780	0.188468
-0.278650	-0.129342	9.797697	0.001439	0.000687	-0.003256	-8.654910	0.208225
-0.261491	-0.111955	9.799084	0.001410	0.000584	0.000047	-8.635540	0.196537
-0.296450	-0.147778	9.820674	0.002834	0.001220	-0.001557	-8.635597	0.196744

Figure 1: Extrait des premières colonnes d'un fichier .csv à renseigner

NB : Les fichiers présentant des données manquantes (ou NaN) ne sont pas traitées pas l'application.

Ensuite dans « Fichier/enregistrer sous » sélectionner le format « **CSV (séparateur : point-virgule)** ».

4. Présentation générale de l'interface

L'application comporte trois pages successives :

1. Page d'introduction

Présentation générale du projet.

Offre la possibilité de télécharger un jeu de données de démonstration pour se familiariser avec l'application et obtenir des exemples de .csv à renseigner.

2. Page de prétraitement des données

Permet de calculer les vitesses linéaire et angulaire du FRM à partir des acquisitions de centrales inertielles. Nécessite de renseigner la fréquence d'acquisition, le rayon et le carrossage des roues arrière et la distance entre les points de contact des roues arrière avec le sol (Figure 2).



Figure 2: Schéma des paramètres de FRM à renseigner

3. Page d'identification des actions locomotrices

Permet d'identifier six actions locomotrices différentes (Statique, Propulsion avant, Propulsion arrière, Pivot, Virage serré et Virage large). Les résultats sont présentés sous forme de chronogramme et sont téléchargeables.

5. Prétraitement des données

Le prétraitement des données se fait en 5 étapes présentées ci-dessous. Pour chaque étape l'utilisateur doit renseigner les données nécessaires puis cliquer sur le bouton « **Valider** » afin de passer à l'étape suivante. Suite à une première validation, le bouton « **Modifier** » s'active et permet de modifier des valeurs.

Si le bouton « **Valider** » est grisé et inaccessible alors cela signifie que des données sont manquantes dans l'étape en cours.

Retour à l'accueil

Changement de langue

Aide

Modifie

Valider

Modifier

Pré-traitement des données

▼ Paramètres de pré-traitement

Fréquence d'acquisition (Hz) : 100

Filtrage initial des données des gyroscopes et accéléromètres :

- Aucun
- Moyenne glissante
- Savitzky-Golay

Figure 3: Présentation de l'interface

5.1. Paramètres de prétraitement

Renseigner la **fréquence d'acquisition (en Hz)** des centrales inertielles. La fréquence d'acquisition doit être identiques pour toutes les centrales et toutes les acquisitions à traiter.

Sélectionner le filtre à appliquer aux données brutes des gyroscopes et accéléromètres :

- **Aucun** : Données non filtrées
- **Moyenne glissante** : Applique une moyenne glissante centrée avec extrapolation linéaire aux bords. Le traitement est réalisé dans les deux sens pour minimiser l'apparition de déphasage. La taille de la fenêtre de traitement est laissée libre à l'utilisateur (NB : La fenêtre de traitement doit être un nombre impair).
- **Savitsky-Golay** : Applique l'algorithme de Savitsky-Golay pour lisser les données. L'utilisateur doit renseigner la fenêtre de traitement (impaire) et l'ordre du polynôme utilisé. NB : l'ordre du polynôme doit être supérieur à la taille de la fenêtre de traitement +1.

5.2. Paramètres du FRM

- **Carrossage** : Correspond à l'angle d'inclinaison des roues du FRM par rapport à la verticale.
- **Rayon/Circonférence des roues arrière** : L'utilisateur peut décider de renseigner le rayon ou la circonférence des roues arrière du FRM en cliquant sur le bouton bascule. Le mot entouré de bleu est sélectionné. Les valeurs doivent être renseignées en centimètres. Pour plus de précision dans l'analyse l'utilisateur peut différencier les mesures des roues droite et gauche en cliquant sur le bouton « **Différencier gauche/droite** ». Il est recommandé de réaliser la mesure de la circonférence et de différencier les roues. La mesure de la circonférence peut être déterminée par la distance parcourue par la roue en ligne droite en un tour complet de roue, en prenant par exemple la valve placée verticalement au sol comme repère.
- **Distance entre les points de contact sol/roues arrière (cm)** : Renseigner la distance entre les points de contact des deux roues arrière avec le sol, en centimètres. Cette mesure, complétée par la connaissance de l'angle de carrossage permet de déterminer automatique la distance entre les centres des roues arrière.

5.3. Acquisition statique

Utilisez le bouton ou la zone de glisser-déposer pour charger une acquisition statique (cf. Statique).

Si la mauvaise acquisition a été chargée celle-ci peut être supprimée en cliquant sur la croix rouge dans la colonne « **Action** » du tableau correspondant.

5.4. Acquisition en ligne droite

Utilisez le bouton ou la zone de glisser-déposer pour charger une acquisition en ligne droite (cf. Ligne droite).

Si la mauvaise acquisition a été chargée celle-ci peut être supprimée en cliquant sur la croix rouge dans la colonne « **Action** » du tableau correspondant.

5.5. Acquisitions à traiter

Utilisez le bouton ou la zone de glisser-déposer pour charger les acquisitions à traiter. Les centrales inertielles ne doivent à aucun moment être déplacées entre les acquisitions de calibrage et les acquisitions à traiter.

Les acquisitions chargées peuvent être supprimées en cliquant sur la croix rouge dans la colonne « Action » du tableau correspondant.

Nom du fichier	Statut
exemple data WheelMove-ID NaN.csv (Acquis)	Données manquantes (NaN)
IMU-002-Sprint5m-1.csv (Acquis)	Chargé

Figure 4: Exemple du chargement d'un fichier avec données manquantes (ligne rouge) et d'un fichier fonctionnel (ligne verte)

La validation de cette étape actionne le bouton de bas de page « **Traiter les données** ».

5.6. Boutons de bas de page

5.6.1. Nouveau FRM

Permet de revenir à l'étape 5.2 pour renseigner les données d'un nouveau FRM à traiter.

Bouton à utiliser après sauvegarde des résultats d'un FRM afin de passer au prétraitement d'un autre FRM tout en conservant les paramètres de prétraitement renseignés en 5.1.

5.6.2. Traiter les données

Permet de réaliser le prétraitement des acquisitions chargées.

Télécharge dans le dossier « .../Téléchargement » un fichier .csv par acquisition à traiter. Les fichiers « ..._pretraitement.csv » contiennent 3 colonnes :

- Temps (s) : Signal temporel indiquant la progression du temps pendant l'acquisition.
- Vitesse linéaire (m/s) : Vitesse de déplacement selon l'axe antéro-postérieur du FRM.
- Vitesse angulaire (deg/s) : Vitesse de déplacement angulaire du FRM, c'est-à-dire sa vitesse de rotation autour de l'axe vertical.

5.6.3. Aller à l'identification des tâches

Permet d'accéder à la page d'identification des actions locomotrices (cf. 6. Identification des actions locomotrices).

6. Identification des actions locomotrices

L'identification des actions locomotrices se fait en 4 étapes principales :

The screenshot shows a user interface titled "Analyse des tâches locomotrices". At the top left is the CERAH logo. At the top right are language selection ("Français") and help ("Aide ?") buttons. Below the title are four numbered circular buttons (1, 2, 3, 4) each with an arrow pointing down to a corresponding step: "Charger le(s) fichier(s)", "Valider les fichier(s) et paramètres", "Analyser", and "Sauvegarder". Between the first two steps is a dashed box containing the text "ou déposez le(s) fichier(s) ici". Below the steps is a button labeled "▶ Paramètres de traitement" and three small buttons: "Charger", "Exporter", and "Défaut".

Figure 5: 4 étapes de l'identification des actions locomotrices

6.1. Chargement des données

Utiliser le bouton ou la zone de glisser/déposer pour charger les fichiers prétraités à analyser. Les fichiers issus de la page précédentes peuvent être chargés tels quels. De multiples fichiers peuvent être chargés en parallèle.

Les fichiers doivent être fournis au format .csv et contenir au moins 2 colonnes avec titres :

- La première colonne doit présenter la vitesse linéaire du FRM en (m/s) et avoir au minimum dans son titre la chaîne de caractères « lin » pour « vitesse linéaire ».
- La seconde colonne doit présenter la vitesse angulaire du FRM en (°/s) et avoir au minimum dans son titre la chaîne de caractères « ang » pour « vitesse angulaire ».

	A	B	C
1	Temps (s)	Vitesse linéaire (m/s)	Vitesse angulaire (deg/s)
2	0.000	-0.002355443398945719	-0.09162854191221391
3	0.010	-0.0022951953031052066	-0.17937328961032784
4	0.020	-0.0011047321485751027	-0.3495664132726924
5	0.030	-0.0008369102546111793	-0.2710026659054323
6	0.040	-0.0008680042135473401	-0.08780201353279325

Figure 6: Exemple d'un fichier valide à charger pour l'identification des actions locomotrices

6.2. Valider les fichiers et paramètres

Ce bouton permet de bloquer les fichiers chargés, visibles dans le tableau en haut de page ainsi que les paramètres de traitement.

Avant de cliquer sur ce bouton, la **fréquence d'acquisition** ainsi que les valeurs des **seuils** utilisés dans l'analyse peuvent être personnalisés.

Chaque seuil correspond à la valeur à partir de laquelle l'algorithme utilisé considère les transitions entre les **Etats 1, 2 et 3** précisés dans le tableau.

Les nouveaux seuils de vitesse linéaire et angulaire précisés sous le tableau permettent, suite à une première identification des actions locomotrices, de rendre plus précise l'identification de l'instant exact de transition entre les états par un traitement complémentaire.

Voir le manuel théorique en anglais disponible dans l'aide de l'application pour plus de détails concernant les calculs réalisés et l'utilisation de chaque seuil.

Les boutons « **Charger** » et « **Exporter** » permettent d'exporter les valeurs des paramètres de traitement dans un fichier .json pour permettre par la suite de charger ce fichier afin de réaliser rapidement le même traitement sur différentes acquisitions.

Le bouton « **Défaut** » réinitialise les valeurs des seuils et de fréquence aux valeurs par défaut.

6.3. Analyser

Le bouton « **Analyser** » lance l'identification des actions locomotrices sur les fichiers précédemment chargés en utilisant les paramètres renseignés.

Cela abouti à l'affichage des chronogrammes, de leur légende en bas de page et de deux checkbox permettant l'affichage sur les chronogrammes des vitesses linéaire et angulaire pour visualisation.

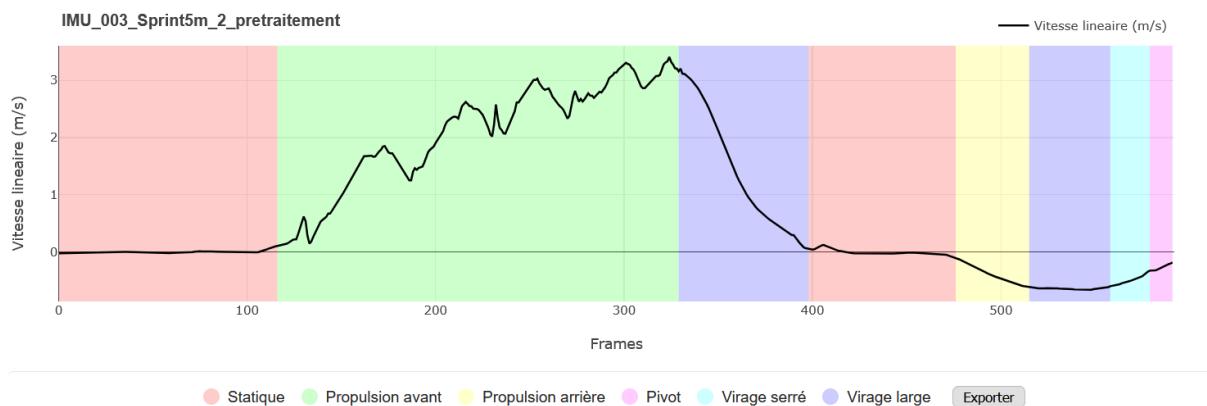


Figure 7: Exemple d'un chronogramme obtenu par l'analyse des données.

6.4. Sauvegarder

6.4.1. Enregistrer les résultats

Le bouton « **Sauvegarder** » Télécharge dans le dossier « .../Téléchargement » un fichier .csv par acquisition chargée. Les fichiers nommés « ..._résultat.csv » contiennent 3 colonnes :

- Vitesse linéaire (m/s) : Vitesse de déplacement selon l'axe antéro-postérieur du FRM.

- Vitesse angulaire (deg/s) : Vitesse de déplacement angulaire du FRM, c'est-à-dire sa vitesse de rotation autour de l'axe vertical.
- Actions locomotrices : Chiffre entre 1 et 6 représentants les 6 actions identifiées par l'application, dans l'ordre de la légende :
 - o 1 : Statique
 - o 2 : Propulsion avant
 - o 3 : Propulsion arrière
 - o 4 : Pivot
 - o 5 : Virage serré
 - o 6 : Virage large

6.4.2. Exporter la légende

Le bouton « **exporter** » en bas de page à droite de la légende permet son export.

7. Nous contacter

https://mobile.cerahtec.fr/fr/contact/cerah_site_invalides_recherches