

Transmission de code - Manuel d'utilisation de l'algorithme de simulation cinématique - projet HOminin BIpedalimS (HOBIS)

Hareng Nils

March 2022

1 Liens utiles

- Simulation cinématique Github. https://github.com/nilshareng/HoBiS_Kinematics
- Manipulabilité Github. <https://github.com/nilshareng/Manipulability.git>
- Simulation dynamique Crocoddyl (travail de Louise) Github. <https://github.com/louise-scherrer/crocoddyl>
- Simulation dynamique WeBots Github <https://github.com/louise-scherrer/webots> and model parser Github <https://github.com/louise-scherrer/urdf2webots>
- Modèle de Babouin Github. https://github.com/nilshareng/HoBiS_Kinematics

2 Introduction

2.1 Fonctionnement résumé

L'algorithme a trois entrées principales dans le cas général, sous la forme de fichiers :

- Un mouvement de marche, sous la forme d'une trajectoire de cheville, ou d'un fichier d'acquisition de capture de mouvement (.c3d)
- Des empreintes de pas, sous la forme de couples : position de cheville et instant du cycle de marche. Il est possible de fournir une poulaine ou un fichier de capture de mouvement comme base, et d'extraire les empreintes d'un cycle de marche.
- Un modèle de bipède, sous la forme d'un fichier texte contenant des positions de marqueurs. Des fichiers d'exemples sont disponibles sur le github.

3 Fonctionnement théorique

La simulation cinématique a pour but de proposer une locomotion plausible pour un bipède donné dont seule l'anatomie est connue, à partir de la marche d'un autre bipède. Suivant le schéma Figure 1, les 3 entrées principales de l'algorithme sont :

- Un mouvement de marche initial. Soit un mouvement de marche issu de MoCap, ou bien une trajectoire de cheville.
- Un modèle du bipède dont on recherche la locomotion. Ce modèle est basé sur des positions de points anatomiques du sujet dans deux postures, calqués sur des marqueurs de MoCap, sur la masse totale du sujet, et sur des mesures de répartition de masse par segment et d'inertie. Le but de cette entrée est de permettre de construire un modèle cinématique du bipède sujet.
- Des empreintes de pas, qui correspondent à des positions de cheville à respecter au cours du cycle de marche.

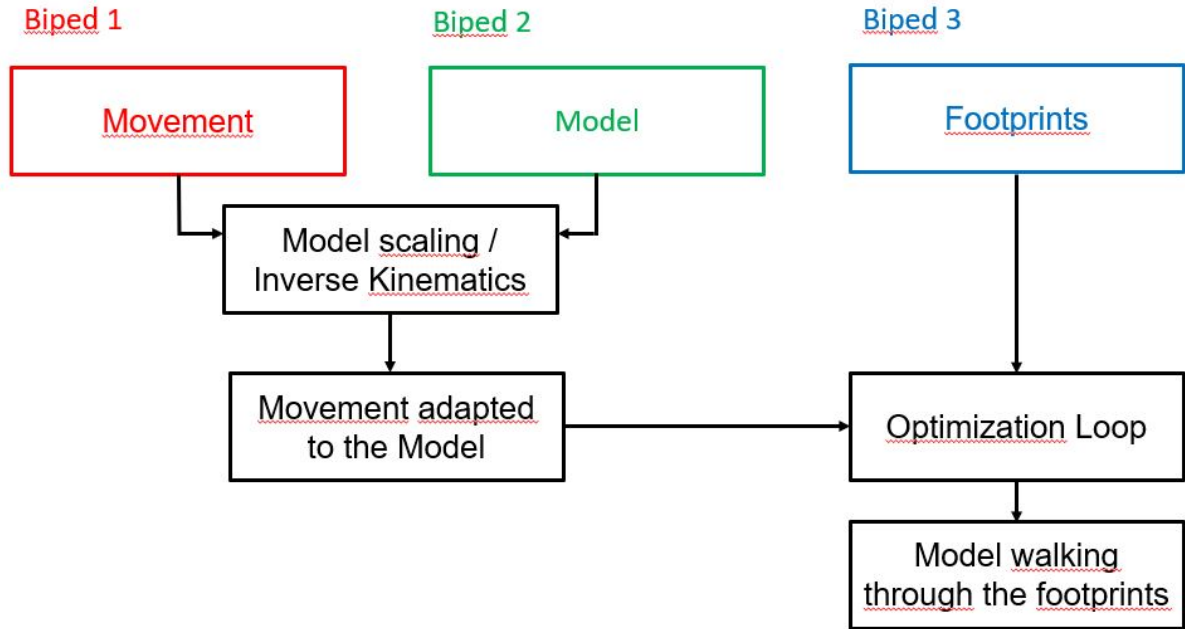


Figure 1: Schéma de fonctionnement de l'algorithme

Comme illustré ci-dessus, le mouvement de marche initial, le modèle de bipède dont nous cherchons à déterminer le mouvement et les empreintes de pas que nous cherchons à respecter appartiennent en théorie à 3 individus différents. En pratique, le modèle et les empreintes de pas peuvent appartenir au même individu. Cela signifie cependant que le mouvement de marche d'entrée de l'algorithme n'est pas adapté au modèle d'entrée en règle générale. Par exemple, si le mouvement

d'entrée correspond à un individu de grande taille, et que le modèle d'entrée à un individu de petite taille. Dans ce cas, le modèle d'entrée ne pourra pas atteindre les mouvements d'entrée.

C'est pour palier à cela qu'une mise à l'échelle est effectuée pour permettre au modèle d'entrée de parcourir le mouvement requis.

Finalement, le modèle cinématique construit dans l'algorithme à partir des données du 'Modèle' d'entrée est un modèle à 11 degrés de liberté, 3 rotations pelviennes, 3 à chaque hanches et une rotation par genou en suivant l'ISB (cf PDF dans ./Ressources du github, ou './Fonctions/Hobis-DataParser.m').

4 Fonctionnement pratique

4.1 Installation/Préparation

- Télécharger l'intégralité du github. https://github.com/nilshareng/HoBiS_Kinematic
- Ouvrir Matlab (Le logiciel a été développé sur la version 2018b), et ajouter le dossier et les sous-dossiers dans le chemin local de Matlab (cf Figure 2)

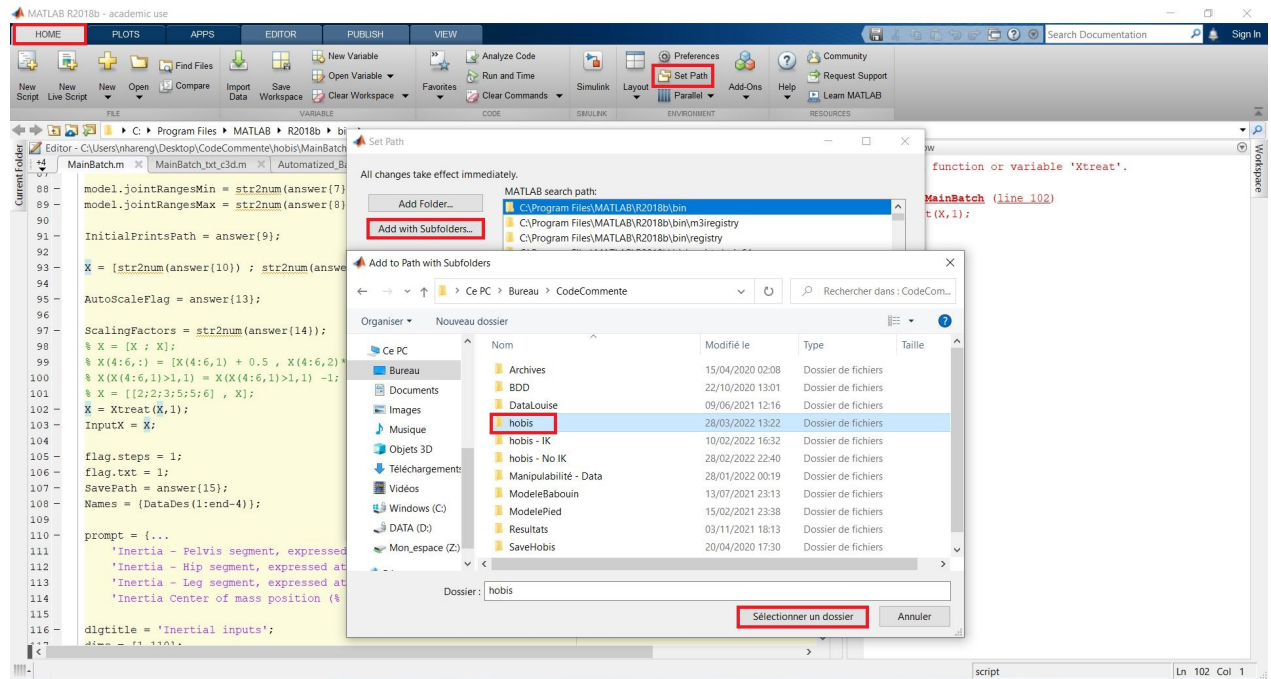


Figure 2: Setting the local Matlab Path

- Lancer le code en utilisant soit 'Simulation_Cinematique.m' ou 'Simulation_Cinematique_Batch.m'

4.2 Fonctionnement de Simulation_Cinematique

Ce script sert à lancer une seule simulation cinématique. Au lancer du script une première boîte de dialogue apparaît (cf Figure 3)

Inputs

Enter Ressources directory (absolute) path:
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Ressources\

Enter Description Posture file (absolute) path:
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Ressources\description.txt

Enter Reference Posture file (absolute) path:
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Ressources\reference.txt

Enter PreSets files directory (absolute) path:
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Ressources\NewestPresets

Initial Poulaine (absolute) path:
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Ressources\NewPresets2\antho012.mat

Model Mass:
70

Model Articular Range of Motion Min Boundaries in degrees (Pelv*3, LHip*3, LKnee*1, RHip*3, RKnee*1):
[45 45 45 20 45 30 110 20 45 30 110]

Model Articular Range of Motion Max Boundaries in degrees (Pelv*3, LHip*3, LKnee*1, RHip*3, RKnee*1):
[-45 -45 -45 -90 -30 -60 15 -90 -30 -60 15]

Initial Footprints Path - either a .mat containing necessary variable, or an Ankle Traj file .mat or .txt
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Ressources\PoulainesBabouin\Frim_2-5kmh\1.txt

Footprints (target) left footstrike (gait% X Y Z):
[0.2000 0.0650 -0.0188 -0.7755]

Footprints (target) left toe off (gait% X Y Z):
[0.7333 0.1135 0.0585 -0.6367]

Footprints (target) left min Z (gait% X Y Z):
[0.2833 0.0656 0.0595 -0.7840]

Automatic Scaling of Ankle Traj & Footprints (to match the model) - 0 no / 1 yes
1

Desired scaling factors for Ankle Traj and Footprints (X Y Z, Pelvis reference)
[1 1 1]

Enter Save folder Path:
C:\Users\Inhareng\Desktop\CodeCommente\hobis\Resultats\Txt

OK Cancel

Figure 3:

Ces entrées sont les différentes informations nécessaires au fonctionnement de l'algorithme. Elles sont respectivement :

- Le chemin absolu du dossier 'Ressources' du GitHub sur votre système
- Le chemin absolu du fichier .txt contenant le modèle à utiliser en posture de description
- Le chemin absolu du fichier .txt contenant le modèle à utiliser en posture de référence
- Cette entrée est dépréciée et est vouée à disparaître - à ignorer
- Le chemin du mouvement de marche initial - voué à être déformé par l'algorithme. Soit un .c3d de Mocap, soit un .txt contenant les points de la poulaine en format XYZ / Droite-Gauche
- La masse totale du sujet correspondant au modèle décrit en posture de description/référence
- Les bornes articulaires basses en rotation pour les 11 degrés de liberté du modèle : (selon l'ISB) XYZ Pelvis, XYZ Hanche droite, Z Genou droit, XYZ Hanche Gauche, Z Genou droit
- Le chemin d'un fichier contenant des empreintes de pas à suivre, sous la forme d'une capture de marche en .c3d, ou d'une poulaine en .txt.
- Le détail des empreintes de pas à suivre (si la case précédente est laissée vide) au format [instant du cycle de marche (en %) , Position à suivre en XYZ dans le repère du Pelvis]. Jusqu'à 3 empreintes.
- Booléen pour activer la mise à l'échelle automatique de la marche d'entrée.
- Les facteurs de mise à l'échelle de la marche d'entrée, si le champ précédent est mis à 0.
- Le chemin absolu du dossier de stockage des résultats de l'algorithme.

Enfin, une deuxième pop-up conclura les entrées par les valeurs d'inerties des différents segments du sujet :

Inertial inputs

Inertia - Pelvis segment, expressed at segment center of mass
 [60.8189 0 0 ; 0 60.8189 0 ; 0 0 52.1215]

Inertia - Hip segment, expressed at segment center of mass
 [0.1807 0 0 ; 0 0.1807 0 ; 0 0 0.1481]

Inertia - Leg segment, expressed at segment center of mass
 [0.0806 0 0 ; 0 0.0806 0 ; 0 0 0.0611]

Inertia Center of mass position (% of segment - proximal to distal)
 [0.497,0.1,0.0465]

OK Cancel

Figure 4: Seconde Pop-Up - Inertie

L'algorithme suit ensuite plusieurs étapes, selon les différents scripts : Pre_Traitements, puis Boucle_Optimisation.

Le premier script contient successivement :

- La création des différents modèles cinématiques (Modèle du bipède et de la Mocap si elle fait partie des entrées).
- La mise à l'échelle du modèle de Mocap (s'il existe)
- Une cinématique inverse - permettant de déterminer des trajectoires articulaires faisant parcourir le mouvement d'entrée au modèle d'entrée.
- L'approximation par splines des trajectoires articulaires. L'information perdue ici par cette approximation est conservée sous le nom de 'Details'.
- La symétrisation Droite/Gauche des trajectoires articulaires.

Le second contient la boucle d'optimisation qui a pour but de faire passer la marche actuelle du modèle dans les empreintes d'entrée, tout en minimisant un coût énergétique.

4.3 Fonctionnement par Simulation_Cinematique_Batch

Ce script est utilisé pour lancer une suite de simulations à la chaîne. Le principe est de sélectionner à la main les entrées désirées des différentes simulations, puis de lancer le script. Les résultats générés sont collectés dans une structure spécifique, enregistrée dans le dossier './Resultats'. Il s'agit ensuite d'une simple boucle lançant successivement la simulation sans la popup initiale, avec un script supplémentaire pour gérer le format des variables.

4.3.1 Codage des entrées

5 Structures et Fonctions utilisées

5.1 Structures

Markers : A set of marker from a .c3d file (from 'btkgetmarkers') or from a .txt file for a model (from 'HobisDataParser'). Contains the markers XYZ coordinates in fields sorted by name 'Markers.RFWT, Markers.LFWT, ...'

Gait : A series of 'Markers' - used for display only. Very heavy and unoptimized.

KinModel : Defined using 'Loadc3dKinModel'. Contains data from a .c3d Mocap file, processed to build a Kinematic Model with fields :

- 'AC' with subfields 'Pelvis, RHip, ...' XYZ coordinates of the articular centres in the Pelvic Coordinate System (PCS)
- 'Markers'
- 'Reperes' the segments coordinate systems

- 'ParamPhy' Deprecated - segments lengths
- 'Angles' the Articular trajectories of the various joints
- 'TA' the filtered (low pass) Articular trajectories easier for manip Right side first
- 'TX' the filtered (low pass) markers trajectories. Right then Left
- 'Poulaine' the filterd Ankle trajectory (easier for manip)

Important remark : The 'Markers' structure issued from a .txt model and a .c3d Mocap are not compatible ! More fields (more markers) exist in the text files. When it is necessary to compare .txt model file 'Txt_Markers' in conjunction with a .c3d Mocap file 'C3D_Markers' (e.g. for scaling), I use 'AdaptMarkers' function to force the MarkerSet compatibilty

PolA / PolP : Splined Polynomials. set as a Nx7 matrix. Each line is a 3rd degree polynomial, its designated interval and the degree of freedom it represents. Col 1 is the degree of freedom (1-11) / (1-6) Col 2-3 is the interval of the spline (from 0.00 to 1.9)(e.g [0.1 0.5]) . The total length of a degree of freedom's (DOF) interval is 1 (100Col 4-7 are the coefficients of the 3rd degree polynomial - descending order (e.g $N4 * X^3 + N5 * X^2 + N6 * X + N7$).

5.2 Fonctions

Display :

type 'Display' the tab for the available :

DisplayCurves(P) / (P,n) : Takes a curve 'P' (Poulaine, Articular Trajectory, ...) and displays it in a new figure / the nth figure as square subplots. P/TA are matrices Display3DCurves(P) / (P,n) : Displays a 3xN matrix as a 3D XYZ continuous curve in figure 'n' Display3DPoints(P) : Displays points in a 3D figure DisplayMarkers(Markers) : Takes a 'Markers' structure and displays the different points of Markers in 3D DisplayModel(Markers) : Display a 3D Model (ony compatible with the .txt markerset) DisplayGait(Gait) : Sequential displays of a model, used for movies

Important in the code :

Loadc3dKinModel(.c3dPath, .xlsxPath) : Prend un fichier .c3d de Mocap et un .xlsx de sélection des frames du cycle de marche, renvoie un

Sampling.txt(PolA) : Prend des splines de trajectoires angulaires sous la forme de Polynôme et bornes d'évaluation, et retourne les courbes de Poulaine et de Trajectoire Articulaire associées échantillonnées sur 100 points

ECShort : Energetical Cost computation

ArticularCostPC : Articular Cost computation for splines

fcinematique(...) : Kinematic function

calc_jacobien_PC_4D : Jacobian for all the optimization costs : Distance to the FootPrints, energetical cost, articular cost, ...