

# INFO-F308 - Simulateur de marche et méthodes d'optimisation

Matthieu Defrance - [matthieu.defrance@ulb.be](mailto:matthieu.defrance@ulb.be)

Octobre 2022

## Objectifs du projet

L'objectif du projet est de réaliser un simulateur de marche d'un animal virtuel en utilisant des algorithmes d'optimisation. Vous réaliserez une implémentation du simulateur dans un environnement physique et participerez éventuellement à une compétition en affrontant les autres groupes avec pour objectif d'obtenir un animal virtuel marchant le plus loin et plus rapidement possible.

## Description du projet

La marche est un processus complexe qui reste difficile à parfaitement simuler. En particulier la marche chez les mammifères fait intervenir un ensemble complexe de muscles et d'articulations. Simuler la marche dans ce contexte nécessite une bonne adéquation des membres ainsi qu'une bonne coordination de ceux-ci. Dans ce projet vous allez développer un simulateur de marche en utilisant des méthodes d'optimisation. Dans ce type d'approche, un grand nombre de modèles sont testés en changeant par exemple de tailles des jambes, des points d'articulation, la force des muscles. Seuls les modèles les plus adaptés seront ensuite sélectionnés. Pour avoir une idée plus précise du contexte du projet, vous pouvez consulter la page suivante : [https://rednuht.org/genetic\\_walkers/](https://rednuht.org/genetic_walkers/) et visionner la vidéo : <https://youtu.be/A13u9QcoYRM>.

## Décomposition du projet

Le projet sera composé de deux parties complémentaires :

- Développement d'un environnement de simulation avec un moteur physique (Chrono ou Chipmunk2D voir section suivante pour les détails) et d'un "terrain" pour les déplacements. On pourra complexifier progressivement les choses en utilisant un terrain en pente, en ajoutant des obstacles...
- Développement d'un ou de plusieurs algorithmes d'optimisations permettant d'optimiser le déplacement des animaux. Vous pourrez utiliser par exemple

un algorithme génétique utilisant une population d'animaux et une sélection / croisements / mutation pour obtenir les animaux se déplaçant plus vite et plus efficacement.

## Librairies physique pour les simulations

Afin d'uniformiser les projets deux environnements physiques pour les simulations sont proposés :

- La librairie physique 2D en Python [Pymunk basée sur Chipmunk2D](#)
- La librairie physique 3D [Chrono avec son API python](#)

NB1 : il est possible d'utiliser l'API C/C++ avec les librairies Chipmunk2D ou Chrono.

NB2 : il est possible, mais uniquement après un accord explicite, d'utiliser d'autres moteurs physiques pour les simulation si une expériences avec ces moteurs est déjà présente dans le groupe ou en fournissant des arguments recevables.

## Calendrier de réalisation

Le calendrier de réalisation est le suivant : - novembre 2022 : recherche bibliographique, mise en place du projet - fin décembre 2022 : réalisation d'une version alpha projet (certaines fonctionnalités peuvent manquer, le logiciel peut être instable) - fin février 2023 : réalisation d'une version bêta du projet possédant toutes les fonctionnalités. Des tests intensifs et des optimisations sont réalisés. - 14 mars 2023 : version finale du projet - semaine du 20 mars 2023: démonstration du projet lors du printemps des sciences

## Étape 1 : mise en place d'un environnement de simulation physique

Dans cette première étape, vous allez mettre en place l'environnement de simulation physique. Cet environnement possède deux utilités : (i) la visualisation du mouvement de marche, (ii) l'estimation du temps et de la distance parcourue pouvant servir pour la deuxième étape d'optimisation. Un animal sera défini par une structure composée d'un squelette et de muscles. Le squelette sera lui même composé d'os et d'articulations (jonctions rotatives entre les os). Les muscles se chargeront de déplacer les os par traction. Vous pouvez commencer avec des structures simples en ensuite en vous inspirant des animaux existants (cheval, crabe ...).

## Étape 2 : développement d'un algorithme optimisant la marche.

Chaque animal recevra un score lié à la distance parcourue en un temps donné. L'algorithme cherchera à optimiser ce score en faisant évoluer l'animal. Nous allons pour cela envisager deux cas de figure : le premier lorsque la structure de l'animal est fixée (squelette et muscles prédéfinis) et un deuxième lorsque cette structure peut être modifiée. Une première possibilité pour optimiser le score de l'animal est d'utiliser un algorithme génétique. L'algorithme génétique se base sur l'idée de sélection d'individus (des solutions

au problème, c'est à dire ici des caractéristiques de l'animal) les plus performants pour l'objectif à optimiser (la distance parcourue en un temps donné). L'algorithme utilise une population d'individus sur laquelle sera appliqué de manière itérative, les opérations suivantes :

- mutation : modifications partielles et aléatoires des caractéristiques d'un individu
- croisement : fusion de deux individus en gardant une partie des caractéristiques propres à chacun des deux.
- sélection : sélection des individus les plus performants en gardant suffisamment de diversité

Pour une description plus détaillée des algorithmes génétiques vous pouvez consulter le document suivant : [http://www8.umoncton.ca/umcm-cormier\\_gabriel/SystemesIntelligents/AG.pdf](http://www8.umoncton.ca/umcm-cormier_gabriel/SystemesIntelligents/AG.pdf)

D'autres algorithmes d'optimisation pourront également être testés. L'espace de recherche étant large, différentes heuristiques utilisant une composante aléatoire pourront être testées.

Les méthodes seront testées dans différentes conditions en modifiant progressivement les terrains où se déplacent les animaux par l'ajout d'obstacle ou de changement de la topologie.