

FEUILLE DE ROUTE PROJET NUMÉRIQUE

Antoine Royer et Alexis Peyroutet

mardi 28 Février 2023

1 Contextualisation du sujet

Notre sujet est intitulé “Modèle de Vicsek”. Le but de ce projet numérique est de reproduire de manière numérique le modèle de Vicsek.

Le modèle de Vicsek a été créé par le scientifique Tamás Vicsek. Il s’agit d’un physicien hongrois connu pour ses contributions à la physique statistique, à la biologie et à la dynamique des systèmes. Il est né le 10 mai 1948 (74 ans) à Budapest. Il est aujourd’hui professeur à l’Université Eötvös Loránd de Budapest. Ce brillant physicien est d’ailleurs un des membres de l’Académie hongroise des sciences et a reçu de nombreux prix pour ses contributions à la physique, notamment le prix Széchenyi (1999) ou encore le prix Lars Onsager (2020).

Mais Tamás Vicsek est surtout connu pour son travail sur les systèmes auto-organisés, les mouvements collectifs. Il a alors travaillé sur le comportement d’agents individuels interagissant avec d’autres agents aux alentours. Ces observations montrent des motifs de mouvement collectif. Nous pouvons citer comme exemples : les bancs de poissons, les regroupements de certains oiseaux, les essaims d’insectes, ou encore le mouvement de foules. Le groupe se déplace alors de manière coordonnée sans qu’il y ait de leader comme on peut l’observer notamment dans la migration des grues.

C’est pour cela qu’il travailla sur un modèle pour étudier ce phénomène de mouvement d’ensemble de plusieurs agents. On appelle ce modèle, le modèle de Vicsek, sorti en 1995.

Pour être plus précis, le modèle de Vicsek va étudié un groupe d’agents qui se déplacent sur un plan. Chacun des agents a sa propre direction de mouvement et une vitesse associée. Or, les agents vont interagir les uns avec les autres. Chaque agent va pouvoir modifier sa direction et même sa vitesse en observant ses voisins. Chaque agent va ainsi modifier sa direction de mouvement en fonction de la direction moyenne des voisins et il en sera de même pour la vitesse. On va alors observer un mouvement de groupe dû aux interactions entre les agents voisins. En revanche, il est possible de rajouter du bruit pour avoir des résultats moins importants concernant la dynamique collective. En augmentant significativement le bruit, le groupe perd son mouvement collectif et les agents prennent alors des directions aléatoires. Le mouvement collectif devient alors inexistant.

Viscek a utilisé des équations mathématiques pour construire ce modèle :

$$\Theta_i(t + dt) = \Theta_{j|r_i - r_j| < r} + \eta_i(t)$$

$$r_i(t + dt) = r_i(t) + v_i \Delta t$$

Avec r_i la position de chaque individu donnée par un vecteur de position, nous prendrons i comme indice de l'agent en question et t le temps. Nous noterons également η le bruit et Θ pour l'angle définissant la direction de sa vitesse. Ici, $\Theta_{j|r_i - r_j| < r}$ nous indiquera la direction moyenne des vitesses des agents dans un cercle de rayon r . L'indice j représentera alors l'ensemble des voisins de i compris dans ce cercle.

Ce qui est intéressant, c'est que nous pouvons, en modifiant certains paramètres du système étudié, observer un mouvement de foule plus fort ou plus faible. Nous pouvons alors jouer sur la surface et les dimensions du plan étudié, le nombre d'agent et donc par conséquent la densité de population et même le bruit.

Le modèle de Vicsek est important pour étudier le comportements de certains animaux en biologie ou encore l'étude des foules. Ce modèle peut même être utile à la construction de bâtiment. Le comportement des foules peut être intéressant dans la conception d'entrées et sorties d'un espace fermé, notamment dans un moment de panique. La foule va s'éloigner du danger est emprunter les sorties. Il est alors crucial de prévoir le comportement des agents pour placer les sorties de manière à ce que le débit d'agent sortant soit le plus important possible.

Nous pouvons également retrouver le modèle de Vicsek dans la robotique. C'est un précieux outils pour la technologie du monde moderne. Il peut être utiliser dans des programmes informatiques qui gèrent le déplacement de systèmes de robots (comme les drones).

C'est avec tout cela que nous essayerons, à travers ce projet, de reproduire numériquement des mouvements collectifs et ainsi étudier de manière informatique le modèle de Viscek.

2 Travail effectué et prévu

Nous avons décidé d'utiliser la programmation orientée objet. Notre programme Python utilise les classes. Nous utilisons ainsi deux classes principales appelées Agent et Group qui fixent respectivement les paramètres de l'agent et du groupe. Pour ce faire, chaque classes est composée par un bon nombre de fonctions qui joue chacune un rôle précis. Par exemple la fonction init qui permet d'initialiser les variables importantes pour construire notre modèle. Nous nous sommes bien sûr servi des équations qui régissent le modèle pour notre programme.

Depuis le début du projet, nous avons déjà bien avancé. En effet, notre programme est maintenant capable de générer une animation qui suit le modèle de Viscek. Nous pouvons choisir le nombre d'agents, le nombre d'images qui compose notre animation ou encore la dimension de l'espace considéré (2D ou 3D). Sans oublier nos fonctions qui sont capables de nous donner la densité d'agent dans l'espace considéré, la vitesse de chacun des agents, le nombre d'agent dans un cercle de rayon donné (selon un agent de référence) et pleins d'autres informations. Nous avons pour le moment fixé la taille de l'espace étudié, et pris des valeurs de bruit aléatoires. Nous avons déjà joué avec les différents paramètres modifiable pour observer le comportement du groupe et les effets collectifs.

Mais nous ne nous sommes arrêté là. Pour améliorer un peu notre modèle, nous avons testé plusieurs choses. Nous avons premièrement ajouter des agents répulsifs pour voir le comportements des agents. Dès que l'agent répulsif rentrait dans le champs de vision d'un agent, cet agent prend immédiatement la fuite en prenant le vecteur opposé à celui allant de lui à l'agent répulsif. Mais les agents ne montraient plus trop d'effets de groupes, il prenait simplement la fuite. Il y avait de petit groupe mais rien de semblable à ce que l'on obtenait auparavant.

Puis, nous avons décider de rajouter le cône de vision des agents dans l'animation. Pour cela nous avons du rechercher des fonctions et modules intéressant sur le net pour l'appliquer à notre programme. Après plusieurs heures, nous avons finalement réussi à rajouter ce cône de vision qui nous permet de mieux voir l'influence des agents entre eux. De plus, nous avons récemment une nouvelle amélioration à notre animation. Nous pouvons désormais mieux repérer les groupes car les agents d'un même groupe apparaîtrons de la même couleur.

Pour la suite du projet, nous avons quelques idées. Nous aimerions par exemple rajouter des obstacles pour voir les conséquences sur l'effet de groupe. Mais cette idée paraît assez difficile à coder. Nous avons également pensé à aller à l'encontre du modèle en établissant un agent leader qui influence tout le groupe. Nous pourrons alors observer un mouvement collectif totalement différent.