



Rapport de projet Système Multi Agents

Parc d'attraction

28.06.2025

Groupe 12

SCIA 2026

Table des matières

1. Introduction	1
2. Sujet de la simulation	2
2.1. Cadre et portée	2
2.2. Enjeux	3
3. Implémentation de la simulation	4
3.1. Génération de parcs	4
3.2. Définition et Conception des agents	5
3.2.1. Agent « client »	5
3.3. Agent « attraction »	5
3.4. Comportement des agents clients	6
3.4.1. Entrée dans le parc	6
3.4.2. Parcours du parc	6
3.4.3. File d'attente et attractions	6
3.4.4. Sortie du parc	7
3.4.5. Phénomène de foule	7
3.5. Apparence de la simulation	7
4. Résultats et interprétation	7
4.1. Analyse de sensibilité	8
4.1.1. Taille du parc	8
4.1.2. Nombre d'attractions	9
4.1.3. Taille de la file d'attente	10
4.1.4. Affluence au départ	10
4.1.5. Affluence au cours de la simulation	11
4.2. Analyse	12
5. Conclusion	13

1. Introduction

Le 8e semestre d'EPITA est le premier semestre de spécialisation de l'école. Diverses majeures sont proposées à tous les étudiants pour raffiner leurs connaissances dans un domaine en particulier. Notre groupe est issu de la majeure SCIA, spécialisés dans l'Intelligence Artificielle sous toutes ses formes, dont les systèmes multi agents, et c'est dans le cadre de ce cours que nous vous proposons ce sujet d'étude comme projet final du cours Système Multi Agents dispensé par Mr Laurent Lucien.

Il convient d'abord de rappeler ce qu'est un système multi agent. Un système multi-agent est un ensemble d'agents autonomes qui interagissent entre eux pour accomplir des tâches ou atteindre des objectifs communs. Chaque agent peut percevoir son environnement, prendre des décisions et agir de manière indépendante. Ces agents peuvent coopérer, coordonner leurs actions ou entrer en compétition. Les systèmes multi-agents sont utilisés dans des domaines comme la robotique, les jeux, ou la simulation sociale. Ils permettent de modéliser des comportements complexes émergeant de simples interactions locales, le tout dans un environnement défini au préalable.

Le sujet de notre étude est la construction de parcs d'attractions efficaces pour optimiser la satisfaction client, la circulation dans le parc et l'optimisation de l'espace restreint alloué au parc selon divers paramètres préalables comme l'affluence d'une journée, le type de public et le type d'attractions proposé.

Le sujet possède beaucoup de paramètres et c'est la raison pour laquelle il est découpé en deux parties:

- La première partie est relative à la génération du parc lui-même. Il est nécessaire de générer l'environnement (le parc) dans lequel les agents vont évoluer. Il est bien sûr indispensable d'avoir une génération aléatoire, automatique et surtout générique, respectant des contraintes spécifiées afin d'avoir une diversité des environnements la plus vaste possible afin d'étoffer l'étude pour s'assurer de sa pertinence.
- La seconde moitié du projet est l'implémentation des agents parcourant le parc et de leur comportement dans le parc, pour se déplacer d'une attraction à l'autre, choisir leur prochaine destination, sortir du parc une fois le parc fermé... c'est à dire le cœur de notre analyse et les métriques que nous étudierons.

Pour ce rapport, nous commencerons par détailler exhaustivement le sujet de l'étude, la portée du sujet, son intérêt, ses enjeux et limites. Nous aborderons ensuite l'implémentation de notre projet, c'est à dire d'un côté la partie génération de parcs et de l'autre la conception du système multi agent. Enfin, nous aborderons les résultats de notre étude, d'abord bruts puis nous les interpréterons selon diverses métriques et critères.

2. Sujet de la simulation

Notre étude portera sur la simulation d'un parc d'attraction comme Disneyland, et plus exactement d'une journée dans le parc, du point de vue d'agents qui symbolisent les clients du parc, venant profiter d'une journée de détente.

2.1. Cadre et portée

L'énoncé de ce sujet est très large. Cela laisse beaucoup de liberté en termes d'implémentation et de métriques. Plusieurs aspects ont été établis pour être pris en compte lors de la simulation et font partie intégrante de notre cahier des charges:

- L'espace au sein du parc est un des aspects principaux de la simulation et aussi le sujet principal de l'étude. La problématique de placement des attractions, de distance entre les attractions et du nombre d'attractions dans le parc font partie intégrante de l'environnement de base.
- La vitesse des agents joue un rôle crucial dans la simulation: chaque agent a une vitesse qui lui est propre, puisque chaque personne marche à une vitesse différente en réalité.
- Les goûts des clients par rapport aux attractions est un des facteurs considérés pour le choix d'une attraction en particulier. Chaque attraction a un ou plusieurs types, et chaque agent a une liste de ses types favoris, vers lesquels il se dirigera davantage.
- Le parc fonctionne sur un système de journée continue. Une fois la simulation commencée, la journée démarre et les clients entrent dans le parc. Ces clients font quelques attractions, voyant leur niveau de satisfaction augmenter et baisser au gré de leur exploration du parc: Une fois leur satisfaction suffisamment haute ou basse, ils sortent du parc.
- Le temps d'attente pour faire une attraction est calculé en fonction du nombre d'agents déjà dans la file d'attente, ce qui simule le véritable comportement d'une file d'attente. Chaque attraction a une durée déterminée et le temps d'attente varie en fonction de cette durée.

Cependant, le sujet peut être élargi autant qu'on le souhaite, au risque de se perdre dans des détails en réalité inintéressants pour l'étude. C'est la raison pour laquelle des limites ont été posées afin de se restreindre seulement à ce qui contribue à la simulation:

- Les questions du prix présentes dans les parcs d'attraction ne sont pas considérées. Aucune forme d'économie n'est prise en compte que ce soit pour accéder au parc, pour faire les attractions ou pour tout autre type d'interaction dans le parc. Les agents n'ont pas de propriétés relatives à l'argent. Il en va de même pour le parc qui n'a pas de problématiques de budget.

- La notion d'espace au sein même d'une attraction est négligée. La file d'attente de l'attraction est affichée à titre figuratif et n'a pas vocation à être topologiquement cohérente. Elle vise seulement à représenter le temps d'attente et la fréquentation d'une attraction. Il en va de même pour l'attraction elle-même, qui n'est représentée que par un seul patch. Nous ne considérons pas la problématique d'espace. Le début de la file d'attente est le point d'entrée de l'attraction et le patch de sortie est celui de l'attraction.
- Les agents n'ont pas de propriétés « biologiques »: cela fait notamment référence à des propriétés comme la faim, la soif, l'énergie.
- Les dysfonctionnements ou les fermetures d'attractions ne sont pas possibles. Cela aurait été intéressant à implémenter.
- Les dysfonctionnement humains (se perdre dans le parc, s'arrêter dans le parc, doubler dans la file d'attente) ne sont pas non plus pris en compte dans la simulation.

2.2. Enjeux

Cette simulation a des enjeux concrets dans le domaine de ces parcs. Qui ne s'est jamais retrouvé coincé dans une attraction en raison de l'attente trop longue? Qui ne s'est jamais retrouvé dans une foule lors de la parade Disney? Comprendre les comportements de base des agents de cette simulation ainsi qu'observer leurs comportements émergents est un moyen de détecter des défauts de construction d'un parc et d'en tirer des leçons pour construire des infrastructures plus efficaces pour maximiser le profit engendré par le parc, dans des conditions réelles.

3. Implémentation de la simulation

Dans cette partie, nous détaillons notre implémentation du parc, de ses agents et du comportements de ces agents.

3.1. Génération de parcs

La première chose qu'il était nécessaire d'avoir était le terrain de notre enquête, à savoir l'environnement dans lequel évoluent les agents, puisque c'est la cœur de notre problématique.

La génération du parc a été implémentée en python avec les techniques classiques de génération procédurale. Un graphe aléatoire est généré, puis est rendu fortement connexe afin que chaque endroit du parc soit accessible. Ensuite, l'entrée du parc est ajoutée, ainsi que les attractions à divers endroits du parc. Pour finir, les files d'attente sont ajoutées. Le format de sortie est un fichier texte représentant notre parc, qui est ensuite parsé par NetLogo pour définir l'environnement.

Toute la puissance de ce système réside dans la possibilité de connecter NetLogo à python via l'exécution d'une commande sur le terminal depuis le code NetLogo. Cette commande génère une nouvelle map selon les paramètres renseignés dans les variables réglables de l'interface. Il suffit d'un seul clique pour générer l'intégralité de l'environnement, à l'infini.

3.2. Définition et Conception des agents

Pour les besoins de notre étude, plusieurs types d'agents ont été définis. Ils représentent les différents partis de cette simulation de parc d'attraction. Deux types d'agents sont nécessaires au bon déroulement de la simulation.

3.2.1. Agent « client »

L'agent client est bien sûr une évidence pour la simulation. Il représente un individu ou un groupe d'individus dans le parc, notamment une personne seule, un couple ou une famille. Ces agents entrent dans le parc, font des attractions, parcourent le parc vers d'autres attractions, sortent du parc. Ils ont plusieurs spécificités dont entre autres:

- L'âge moyen
- Le type de client (Famille, seul)
- Les genres favoris (parmi Enfantin, horreur, RollerCoaster etc...)
- La vitesse de l'agent (qui dépend du type de client)
- La satisfaction du client (entre 0 et 100)

Bien sûr ce ne sont pas tous les champs de l'agent. Les autres champs sont utilisés pour les besoins de la simulation, dont entre autres:

- La liste des attractions associée au nombre de fois qu'elles ont été faites par l'agent
- La destination de l'agent
- Son chemin vers la prochaine attraction
- L'attraction vers laquelle il se dirige

Les agents sont initialisés de la façon suivante:

- Un âge entre 10 et 70
- Un type parmi « seul », « en famille », « en couple »
- Une liste de genres favoris parmi « RollerCoaster », « Famille », « Sensation », « Enfant », « Horreur », « Emre »
- Une satisfaction entre 50 et 80
- Une vitesse aléatoire qui dépend de son type
- Une couleur qui dépend de son type
- Les autres champs sont initialisés à des valeurs par défaut.

3.3. Agent « attraction »

Cet agent a été ajouté plus tard à la simulation. Il permet de stocker des informations relative à l'attraction, et donc de rendre chaque attraction différente afin d'étoffer encore le réalisme de la simulation. Ces agents sont immobiles et enregistrent en direct les statistiques de l'attraction représentée, comme:

- Le temps d'attente entre deux clients

- La capacité initiale en clients
- Les genres de l'attraction
- La popularité générale de l'attraction
- Le taux d'occupation
- Le nombre de visiteurs dans la file
- Le nombre de visiteurs dans l'attraction

Ces statistiques sont initialisées de la façon suivante:

- Temps d'attente entre 1 et 10 ticks
- Capacité entre 20 et 50
- Entre 1 et 3 genres parmi ceux cités ci-dessus
- Popularité entre 1.0 et 10.0 (10 étant le maximum)
- Le reste est initialisé avec des valeurs par défaut

3.4. Comportement des agents clients

3.4.1. Entrée dans le parc

A chaque tick de la simulation, il est possible qu'un client apparaisse à l'entrée du parc. Cette possibilité est plus ou moins probable selon l'affluence définie dans les paramètres de la simulation. Les agents entrent en continu tout le long de la journée, avec une affluence qui peut être changée à tout instant. Il est par exemple possible de simuler une véritable journée type dans le parc en mettant une forte affluence au début de la simulation, puis en la réduisant petit à petit jusqu'à la réduire à 0, ou plus personne ne pourra entrer dans le parc.

3.4.2. Parcours du parc

Une fois le client entré dans le parc, il se dirigera automatiquement vers une attraction. Le choix de cette attraction n'est pas aléatoire, et pour cause, il fait l'objet d'un système de recommandation mettant en scène une négociation entre un client et toutes les attractions. L'agent sans destination va demander à toutes les attractions leurs caractéristiques et donner un score à chaque attraction. Ce score prend en compte la distance de l'attraction, le genre de l'attraction et combien de fois l'agent a fait cette attraction. Le temps d'attente n'est pas pris en compte dans cette décision. Une fois l'attraction choisie, le client se dirige vers l'attraction en suivant le plus court chemin vers celle-ci en considérant évidemment seulement les routes autorisées.

3.4.3. File d'attente et attractions

Une fois l'attraction atteinte par l'agent, une interaction entre l'agent attraction et l'agent client. Elle consiste en une insertion du client dans la file d'attente de l'attraction, la mise à jour du temps d'attente et du taux d'occupation puis

du comportement de l'agent dans la file, qui est le comportement normal d'un individu dans une file d'attente. Lorsque le client atteint l'attraction, celui-ci est placé à la même position que l'agent attraction pour la durée de l'attraction, puis une fois l'attraction terminée, il sors de l'attraction puis choisit sa nouvelle destination, parmi une attraction ou la sortie du parc. Les agents attraction eux ne bougent pas, et sont soit conservés pour la prochaine journée, soit remplacés si un nouveau parc est généré.

3.4.4. Sortie du parc

Lors de cette journée au parc, si un agent voit sa satisfaction trop baisser ou trop augmenter, il se décidera à sortir du parc. Pour cela, il sortira de toute attraction dans laquelle il se trouve pour se diriger immédiatement vers la sortie la plus proche du parc.

3.4.5. Phénomène de foule

Lors d'une journée dans un parc d'attraction, il est fréquent que l'affluence soit importante et que beaucoup de gens ne se trouvent dans le parc. C'est dans cette optique de réalisme qu'un système de foule. Pour faire simple, lorsqu'un agent est entouré de n ou plus agents, sa vitesse sera réduite d'un coefficient proportionnel au nombre d'agents proches. Ce système fonctionne plutôt bien dans la mesure où cela traduit avec efficacité le fait que les personnes aux bords de la foule sont moins ralenties que les personnes au cœur de la foule.

3.5. Apparence de la simulation

Un défaut du projet est la plateforme sur laquelle celui-ci a été fait: Netlogo est certes efficace pour ce qu'il fait, mais c'est aussi une plateforme très austère et vieille qui manque cruellement de modernité. C'est pourquoi nous avons réimplémenté l'intégralité de notre simulation en nextjs! Le projet est disponible sur <https://imperialcrise.github.io/SYMUA2025/> et permet d'avoir accès à notre étude partout et avec une interface bien meilleure par rapport à celle de NetLogo. Il est possible de faire varier les paramètres au cours de la simulation, de visualiser la simulation, d'avoir des graphiques en direct et même de sélectionner un agent au hasard pour voir son comportement et son état à tout instant.

4. Résultats et interprétation

Nous présentons ici les résultats de notre simulation et leur interprétation.

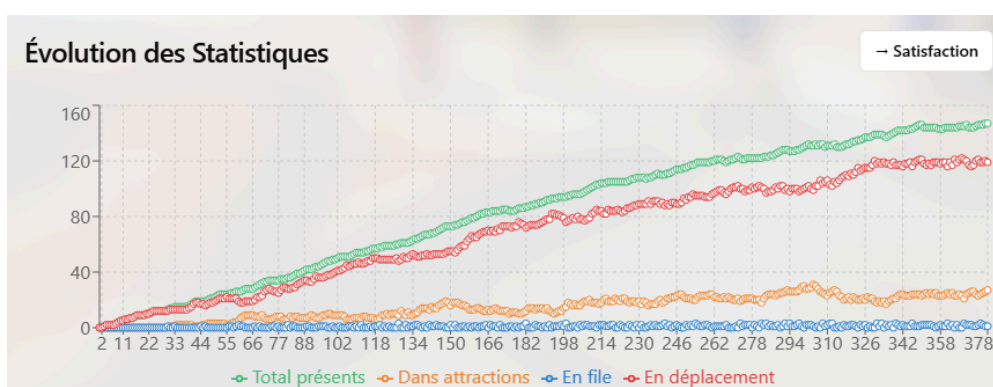
4.1. Analyse de sensibilité

Nous avons généré plus d'une centaine de parcs différents, en faisant varier la taille, le nombre d'attraction, la taille de la file d'attente, l'affluence au départ et pendant la simulation, le temps d'attente des attractions... et voici ce qu'il en ressort:

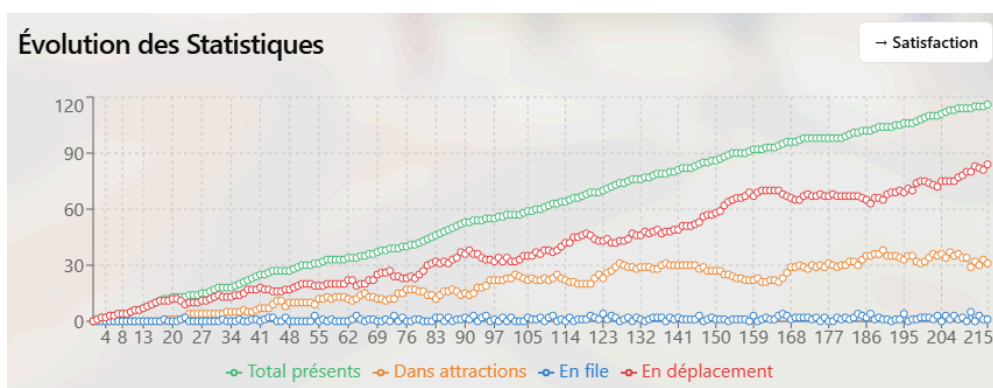
4.1.1. Taille du parc

Le premier paramètre que nous avons fait varier est la taille du parc. Le système de génération du parc permet de générer un parc avec une longueur et une largeur prédéfinie. Faire varier la longueur ou la largeur du parc ont les mêmes effets:

- Augmenter la taille du parc tend à augmenter drastiquement le temps de déplacement des gens au sein du parc. Les clients passent beaucoup de temps à se déplacer, très peu de temps dans les attractions et beaucoup de temps à se déplacer. Voici les courbes pour un parc de 100 par 50 cases.



- Diminuer la taille du parc tend au contraire à diminuer le temps de trajet et augmenter le temps dans les attractions. Voici les courbes pour un parc de taille 50 par 50 cases:

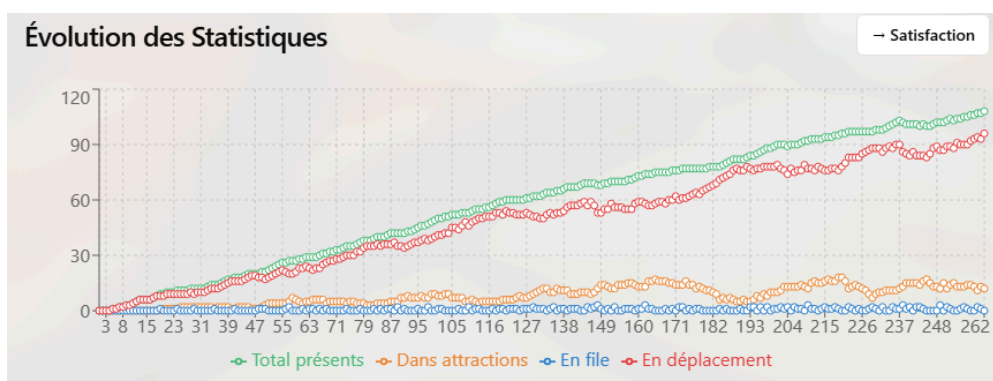


Augmenter la taille du parc sans toucher aux autres paramètres tend à diminuer la satisfaction moyenne puisque les agents perdent la satisfaction quand ils se déplacent et quand ils attendent dans les attractions.

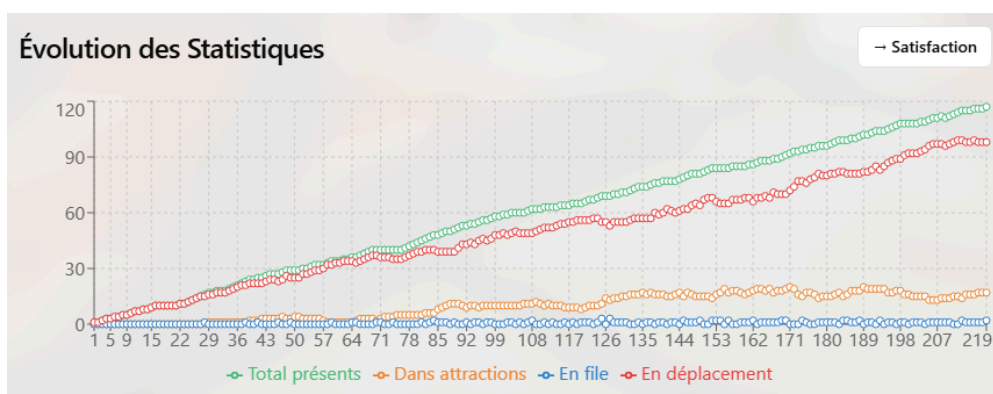
4.1.2. Nombre d'attractions

Ensuite, nous avons fait varier le nombre d'attractions dans un parc de taille fixe de 75 par 75 cases. Voici ce qu'il en ressort:

- Un nombre important d'attractions permet à chaque agent de pouvoir faire autant d'attractions qu'il le souhaite sans trop de restrictions de temps. Ils passent plus de temps en attraction et moins en déplacement, avec un temps d'attente assez faible. La satisfaction est plutôt haute, mais la plupart des attractions sont en sous-régime puisqu'il y a trop peu de monde par rapport au nombre d'attractions. On observe aussi que si beaucoup d'attractions sont très localisées, une foule se crée et les gens sont bloqués de façon exponentielle puisque la foule croît en permanence. Voici les courbes pour 20 attractions.



- Pour un nombre faible d'attractions, les gens passent globalement plus de temps en déplacement et on observe un temps d'attente légèrement plus haut ainsi qu'un temps de déplacement plus bas. En revanche, des foules très importantes se créent très vite, paralysant le parc au bout d'un moment.



4.1.3. Taille de la file d'attente

Nous avons également fait varier la taille des files d'attente dans la mesure du possible. Le résultat est le suivant:

- Avec une file courte, l'attraction a une capacité très faible et est tout le temps pleine. Le temps d'attente est certes très faible mais il est constant. Cela résulte en une satisfaction en baisse drastique puisque les clients n'ont nulle part où aller puisque toutes les attractions sont pleines, ce qui les pousse à partir très tôt.
- Avec une file trop longue, la capacité d'une attraction est haute et le temps d'attente explose. Il en résulte que les attractions les plus populaires sont prises d'assaut. Si l'affluence est trop forte la file est tout le temps pleine, et les clients qui font les attractions perdent bien plus de satisfactions en attendant qu'ils gagnent en faisant l'attraction. La plupart tombent à 0 avant même d'avoir fait l'attraction.

4.1.4. Affluence au départ

L'affluence d'une journée dans un parc est sans aucun doute le facteur déterminant de la simulation. C'est aussi un des seuls paramètres qui n'est pas géré par le parc. Voici ce qu'il en ressort:

- Une affluence faible a le même effet qu'un nombre fort d'attraction: trop d'attractions pour peu de clients: la satisfaction est haute mais en réalité, si peu de client ne suffiraient pas à assumer financièrement le parc, bien que ça soit le scénario optimal pour la satisfaction client.
- Une affluence forte provoque une émergence de comportement que nous n'avions pas prévue: si l'entrée du parc n'est pas suffisamment large, une foule se crée dès l'entrée du parc. Cela provoque une baisse énorme de la satisfaction client avant même qu'ils n'aient atteint leur première attraction, résultant en des clients qui désertent le parc après un moment à naviguer lentement dans la foule.



4.1.5. Affluence au cours de la simulation

L'affluence au cours de la journée a un impact légèrement différent de l'affluence au départ. En laissant une affluence haute tout le long de la simulation, deux scénarios sont possibles:

- Si le parc a suffisamment d'attractions et est suffisamment grand, les chiffres parviendront à un point d'équilibre où le temps d'attente est haut mais pas maximal, avec autant d'agents qui partent que d'agents qui arrivent. La satisfaction sera moyenne et les gens passeront la plupart de leur journée à attendre dans les attractions: c'est un soi une journée somme toute des plus classiques dans un parc.
- Si le parc est trop petit, il souffrira de son succès en étant complètement paralysé par la foule trop importante. Toutes les attractions sont surbookées et les agents clients n'ont généralement nulle part où aller à l'instant même où ils entrent dans le parc, si toutefois une foule ne s'est pas créée à l'entrée de celui-ci.

Cependant, en appliquant une réduction de l'affluence au cours du temps, les résultats changent:

- A partir du moment où l'affluence baisse, le niveau de clients dans le parc se stabilise ou baisse si les attractions sont trop occupées. Lorsque suffisamment de clients sont partis, le parc atteint un point d'équilibre relatif où chaque client n'est pas trop insatisfait et reste dans le parc en faisant beaucoup d'attractions. En laissant tourner le parc sans faire rentrer de nouveaux clients, le taux d'occupation des attractions baisse lentement jusqu'à ce que presque tous les clients ne sortent. Le peu de clients qui reste arrive à trouver

suffisamment d'attractions à leur goût avec un temps d'attente suffisamment bas pour boucler à l'infini et rester dans le parc *ad vitam æternam*, ce qui n'est pas un sort des plus agréables.

4.2. Analyse

Voici notre analyse de ces expérimentations.

Selon les critères que nous prenons en compte, le parc idéal est un parc très grand avec une densité moyenne d'attractions. C'est le scénario parfait puisqu'il maximise à la fois l'espace de chaque client pour éviter les foules et la satisfaction client, puisque chacun trouve des attractions dans leur goûts avec un temps d'attente très bas. Il faut néanmoins éviter de surcharger le parc d'attractions au risque de provoquer une foule dans les endroits où la densité d'attractions est trop importante.

En revanche, c'est là que notre simulation atteint ses limites puisqu'elle ne prend pas en compte l'aspect économique du parc. En effet, un tel parc est tout bonnement impossible à assumer financièrement puisqu'une attraction est en réalité très chère à entretenir. C'est aussi sans compter les employés du parc, le financement d'extensions du parc, le coût du terrain etc... Notre scénario optimal est tout simplement irréalisable.

5. Conclusion

Lors de cette étude, nous avons simulé avec un succès assez relatif un parc d'attraction. Nous avons mis en place un système de génération procédurale de parcs permettant de produire à l'infini des parcs respectant certaines contraintes prédéfinies., nous permettant d'étudier les comportements dans des environnements très variés. Nous avons aussi conçu des agents parcourant le parc et les attractions, ainsi qu'un système de satisfaction pour chaque agent. Le parcours du parc était agrémenté d'un système de déplacement réaliste suivant des routes définies ainsi qu'un système de foule ralentissant les agents qui sont trop entourés.

Notre analyse a révélé que les petits parcs étaient très inefficaces, puisque les clients se retrouvaient rapidement à court de place. L'espacement entre deux attractions est très important pour ne pas provoquer des foules. L'idéal est un parc géant avec une densité moyenne d'attraction mais un tel parc est impossible, à moins d'être financé par le gouvernement ou d'avoir un billet coûtant quelques milliers d'euros...

Cependant, notre projet était probablement trop ambitieux. Nous avons passé énormément de temps à implémenter le parc et les agents en négligeant les métriques à étudier. Nous avons rencontré énormément de bugs et comportement imprévus en tout genres, ce qui a rendu le code du projet illisible et très compliqué à débbugger.