



Université Claude Bernard



Lyon 1

Master 2 STS mention Informatique

Parcours «Intelligence Artificielle»

Rapport de TP

TP 2 SMA : Robots de tri

Version 2

Auteurs :

Mourtaza ABBASBHAY
Brice MARC

Encadrants :

M^{me} Salima HASSAS

Version du
7 décembre 2021

Table des matières

1	Introduction	2
2	L'environnement	2
2.1	Ajout de la V2	3
3	Les objets coopératifs	3
4	L'agent	4
4.1	Ajout de la V2	5
5	La simulation	5
6	Influence des paramètres	6
6.1	Ajouts de la V2	6
7	Résultats de la V2	7
8	Conclusion	9

1 Introduction

Dans ce TP, on souhaite programmer des agents pour qu'ils réalisent le tri collectif d'objets répartis dans leur environnement. On veut se limiter à des comportements basiques de type perception/action, les agents sont purement réactifs. Ils ne disposent que d'une quantité minimale d'informations et ne communiquent pas entre eux. Ils n'interagissent qu'avec leur environnement proche et ont une mémoire limitée.

2 L'environnement

L'environnement est représenté par une grille contenant les agents, les objets et un son sur chaque case. Il y a trois types d'objets notés A, B et C par la suite. Ces éléments sont initialement positionnés aléatoirement sur la grille. En tout instant, deux objets ne peuvent pas se trouver sur la même case. Un agent peut cependant être sur la même case qu'un objet. Deux agents peuvent se trouver sur la même case dans certaines circonstances décrites par la suite.

Les agents n'ont pas connaissance de leur position dans l'environnement car ils sont totalement réactifs. Leur position est donc mémorisée par l'environnement. Lorsque l'agent effectue une perception, l'environnement ne l'informe pas de sa position ni de la présence d'autres agents, il lui indique uniquement la présence ou non d'un objet sur sa case, le son sur sa case et les cases adjacentes et le type de l'objet s'il y en a un.

Lorsqu'un agent prend un objet, l'environnement supprime l'objet de la grille et confie sa propriété à l'agent. Puis lorsque l'agent veut déposer l'objet, l'environnement l'autorise ou non à le déposer s'il n'y a pas déjà un objet sur la case. On pourrait confier la décision à l'agent car il sait s'il y a un objet à son emplacement grâce à la perception qu'il effectue. Cependant comme il est uniquement réactif, on le laisse plutôt tenter de déposer l'objet, et c'est ensuite l'environnement qui l'en empêche. Si l'emplacement est libre, l'agent restitue la propriété de l'objet à l'environnement.

De même lorsque l'agent tente de se déplacer, l'environnement l'autorise à bouger s'il reste dans la grille et s'il n'y a pas d'autre agent à sa destination. L'agent n'a pas connaissance de ces informations, c'est l'environnement qui l'autorise ou non à se déplacer.

2.1 Ajout de la V2

L'agent est capable d'émettre du son. Dans l'environnement, le son est représenté comme une valeur réelle sur chaque case de la grille. A chaque tour et sur toutes les cases, cette valeur est diminuée par un facteur d'évaporation jusqu'à disparaître si elle devient inférieure à 1. Au moment de l'émission, le son se propage dans l'espace. Plus une case est éloignée de la source, moins la valeur du son qui est ajouté à cette case est élevé, elle diminue avec la distance selon un second facteur. On a donc deux atténuations du son émis en (x,y,t) :

— atténuation temporelle : $u(x,y,t+1) = r * u(x,y,t)$

— atténuation spatiale : $u(x+dx,y+dy,t) = u(x,y,t) * (1 - \frac{\sqrt{dx^2+dy^2}}{d_s})$

avec $0 \leq r < 1$ le facteur d'atténuation temporelle et d_s la distance maximale d'émission en nombre de cases. Le son est ajouté à une case par simple addition au son déjà présent. Il ne peut pas être négatif.

3 Les objets coopératifs

Il y a trois types d'objets présents dans l'environnement. Les objets A et B peuvent être déplacés par un seul agent, mais les objets C nécessitent la collaboration de 2 robots pour être portés. Comme les agents ne communiquent pas entre eux, la présence d'un agent près de l'objet est détecté comme si c'était un nouveau type d'objet. Selon la situation dans laquelle l'objet C se trouve, il est perçu différemment par les robots.

Les objets C peuvent se trouver dans 5 états :

- C0 : aucun robot ne transporte l'objet
- C1 : un robot a pris l'objet et attend de l'aide
- C2 : un second robot est arrivé pour aider, mais le premier robot ne l'a pas encore détecté
- C3 : le robot précédemment en C1 a détecté le second robot arrivé en C2 et il peuvent donc déplacer l'objet
- C4 : un des deux robots a lâché l'objet mais le second ne l'a pas encore détecté

Ainsi l'objet est retiré de la grille lorsque l'étape C3 a lieu. Les deux robots sont alors en possession de l'objet et se déplacent ensemble. Pour différencier les robots, l'un transporte l'objet C2 et l'autre C3, mais l'inverse pourrait aussi être possible, cela représente seulement l'ordre dans lequel ils l'ont pris. Cela permet

d'éviter qu'un robot n'essaie de bouger avant que son partenaire ne l'ait détecté. Lorsque l'un des deux robots le lâche et qu'il passe en C4, l'objet est retourné à l'environnement.

Les causes de changement d'état perçu d'un objet C sont les suivantes :

- C0 -> C1 : un robot prend l'objet
- C1 -> C0 : l'attente a été trop longue et le robot dépose l'objet
- C1 -> C2 : un deuxième robot prend l'objet
- C2 -> C3 : le premier robot détecte l'arrivée du deuxième et confirme
- C2 -> C4 : le second robot lâche l'objet
- C3 -> C4 : le premier robot lâche l'objet
- C4 -> C0 : le robot restant détecte que l'autre l'a lâché et lâche aussi l'objet

Dans l'environnement, on ne voit donc que des objets C0 et C1, et parfois pendant une itération un objet C2 ou C4 le temps que le robot détecte le changement. Les objets C2 et C3 sont transportés par les robots.

Lorsque le second robot arrive pour aider le premier et que l'objet passe de l'état C1 à C2, un couple constitué des identifiants des deux robots est enregistré dans l'environnement. Par la suite et tant qu'aucun des deux ne lâche l'objet, ils bougent ensemble. Quand un robot se déplace, il entraîne avec lui le second robot. Il n'y a pas de meneur, les robots agissent normalement chacun leur tour. Pour conserver la continuité de la mémoire, on enregistre aussi la perception des objets proches dans la mémoire du robot qui est entraîné par l'autre.

La présence d'un objet C1 et d'un seul robot sur une case est l'unique raison pouvant autoriser les robots à s'y déplacer, sinon il ne peut pas y avoir deux agents sur la même case (sauf après C4).

4 L'agent

L'agent peut percevoir son environnement proche mais pas les autres agents, et il ne connaît pas sa position globale. L'agent possède une mémoire à court terme dans laquelle il retient le contenu des dernières cases qu'il a visité (objet A, B, C ou rien). Cette mémoire modifie son comportement en présence d'un objet. L'agent sait s'il transporte un objet et de quel type d'objet il s'agit. Son comportement est toujours réactif, il réagit aux dernières cases qu'il a visité et à l'objet qu'il transporte éventuellement.

L'agent effectue une action selon des seuils aléatoires qui dépendent de son état et de sa mémoire. Il a plus de chances de prendre un objet si les dernières cases qu'il a visité ne présentaient pas d'objets du même type. Inversement, il a plus de chances de déposer un objet si les dernières cases visitées présentaient un objet du même type. Ainsi il prend les objets isolés et les dépose dans des zones plus adaptées.

4.1 Ajout de la V2

Si l'agent choisit de prendre un objet C0, il passe en mode attente. Dans ce cas, il va passer les prochains tours à attendre de l'aide. Il ne remplit pas sa mémoire inutilement avec le même objet si il attend. Pendant l'attente, le robot émet un signal sonore à un volume fixe sur sa case qui se propage avec atténuation ensuite. Il dispose d'un temps d'attente maximal au bout duquel il va lâcher l'objet. Si l'objet perçu est différent pendant l'attente, il est enregistré en mémoire ce qui va changer son action, car un robot est venu l'aider. Il va alors mettre fin à l'attente et détecter cette aide, l'objet passe alors à C3 et il le prend.

Si l'agent était en transport mais qu'il perçoit un objet C4 sur sa case, c'est que son partenaire a lâché l'objet. Il change donc lui aussi son objet transporté en C4 pour modifier son action qui va alors être le dépôt de l'objet. Quand un agent transporte un objet C, sa probabilité de le lâcher est divisée par 2 car ils sont 2 porteurs pour éviter trop d'abandons.

L'agent perçoit le son sur sa case et les 8 cases adjacentes. Si il ne transporte rien, il se déplace dans la direction où le son est le plus élevé et si ce son est plus élevé que sa position actuelle. Sinon, l'agent se déplace dans une direction aléatoire d'un pas constant. Si la direction choisie est incompatible avec l'environnement, l'agent reste sur place et attend d'effectuer sa prochaine action.

5 La simulation

La simulation évolue au tour par tour. Les agents agissent chacun leur tour dans le même ordre. Chaque agent commence par effectuer une perception, l'environnement l'informe de ce qui se trouve sur sa case et du son autour de lui. Il effectue ensuite une action parmi la prise d'un objet, le dépôt d'un objet, l'attente, le déplacement vers le son ou le déplacement aléatoire. Un tirage aléatoire a lieu

à chaque tour selon les seuils pour savoir s'il prend ou dépose un objet. S'il ne fait rien, il se déplace.

Une fonction score peut être utilisée sur la grille d'objets pour évaluer à quel point la grille est triée. Pour chaque objet, on incrémente le score de 1 pour chaque objet du même type se trouvant sur une des 8 cases adjacentes. On estime ainsi si à quel point les paquets sont bien regroupés en paquets du même type, ce qui est l'effet recherché par le tri des agents.

Une interface Tkinter est utilisée pour visualiser l'évolution de la position des objets pendant la simulation (intervalle de mise à jour modifiable). Les objets A sont rouges, les B bleus et les C verts.

6 Influence des paramètres

La taille de la mémoire joue sur l'étendue et la précision du tri réalisé par l'agent. Plus la mémoire est large, plus l'agent va trier une zone large mais il perd en précision, c'est à dire que les objets du même type ne seront pas côte à côte mais répartis sur une zone. Mais comme les agents se déplacent aléatoirement, le concept de zone n'a pas vraiment de sens. Il faudrait affecter à chaque agent une zone hors de laquelle il ne doit pas sortir et dont il est responsable du tri.

Deux paramètres k_1 et k_2 modifient les probabilités de prise et de dépôt de l'agent au contact d'un objet. On peut ainsi augmenter ou diminuer l'influence de la mémoire sur le comportement de l'agent.

6.1 Ajouts de la V2

Le volume d'émission est à mettre en relation avec le taux d'évaporation et la distance maximale d'émission, il faut qu'ils soient adaptés à la taille de la simulation. Si on pose $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ la suite prenant pour valeur le niveau sonore à la case d'émission, on a la relation suivante avec v le volume émis et r le taux d'évaporation : $u_{n+1} = ru_n + v$ ce qui donne pour $u_0 = 0$:

$$\forall n \in \mathbb{N}, \quad u_n = \frac{v}{1-r}(1-r^n)$$

La relation est la même en remplaçant v par $v(1 - \frac{d}{d_s})$ qui prend en compte l'atténuation selon la distance pour les cases environnantes. Pour éviter que le

signal sonore soit propagé à tous les agents, on le limite à $1/5$ de la grille autour du centre, donc il se propage en tout sur $2/5$ de la grille. Le volume est lui aussi fixé à cette valeur, cela fait que le signal reste plus longtemps sur une grande grille car les agents ont une distance plus grande à parcourir donc ils ont besoin de plus de temps. Le temps d'attente maximal des robots (appelé patience) est lui aussi proportionnel à la taille de la grille pour les mêmes raisons. Il est égal à la moitié de cette taille pour être sûr que les agents proches puissent venir s'ils étaient en chemin mais pour ne pas non plus attendre trop.

7 Résultats de la V2

Les simulations sont lancées à partir de la position initiale suivante, la seed aléatoire est la même lors des essais. Il a fallu utiliser une grille plus petite que lors de la première version car l'ajout du son rend la simulation plus coûteuse en ressources machine.

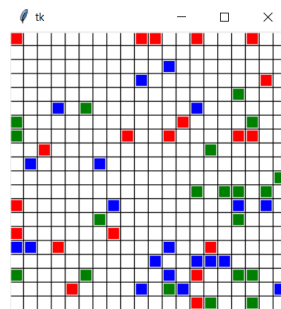


FIGURE 1 – Initialisation de la simulation

Après avoir laissé tourner la simulation, on obtient le résultat suivant :

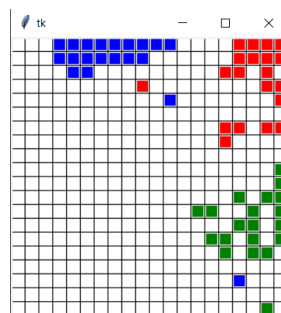


FIGURE 2 – Résultat après 100 000 itérations

On constate que la simulation converge, les objets sont bien regroupés en paquets du même type. Le score initial est de 27. Après 100 000 itérations, il est de 194 dans le meilleur cas. L'influence du taux d'évaporation r a été étudiée, on trouve les résultats suivants :

r	score
0	194
0.5	154
0.9	113

Il semble donc que sur cette grille, le son soit plus une gêne qu'un avantage pour le tri, car plus il reste longtemps moins le tri est satisfaisant. On voit sur les vidéos que ce sont les objets C (verts) qui n'arrivent pas à être triés dans ces cas, les objets A et B sont toujours assez bien regroupés. On essaye donc de retirer totalement le son en fixant le volume d'émission à 0 pour voir si le résultat est meilleur, ce qui donne ce résultat :

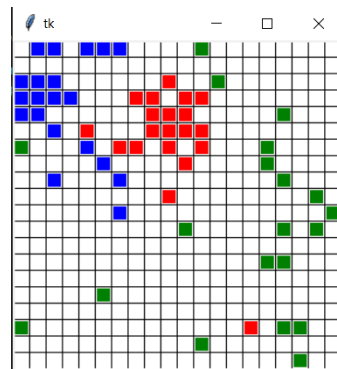


FIGURE 3 – Résultat après 100 000 itérations sans le son

On obtient un score de 126, ce qui est moins bon que la simulation avec son et évaporation. Le son est donc utile, mais il doit disparaître très rapidement sinon il gêne les robots. Ce résultat est probablement différent sur une grille plus grande avec peu d'agents, où le son serait nécessaire pour trouver les autres agents assez rapidement.

Comme le son disparaît à la fin d'un tour avec $r = 0$, les robots proches qui agissent après celui qui émet ont le temps de se diriger vers lui. Mais une fois que l'émission cesse, le son disparaît totalement au tour suivant. On attire donc uniquement les robots proches pendant le minimum de temps nécessaire,

ensuite les autres robots proches reprennent un déplacement aléatoire. Cela évite de maintenir une concentration de robots élevés inutile dans la même région. Il faudrait pour améliorer ceci ajouter un comportement aléatoire où le robot ignore parfois le son.

8 Conclusion

Grâce à cette simulation, on arrive à trier dans l'espace des objets demandant la coopération d'agents en utilisant des agents uniquement réactifs qui émettent et perçoivent un signal sonore mais qui n'ont pas connaissance de leur position, ne peuvent observer que leur environnement proche, et ne communiquent pas entre eux.