



Warbots : agents intelligents interagissants

Rapport de projet d'IA

02/01/2023

Guillaume DESCROIX - Louka DOZ - Céline LAGUILLON

Enseignants :

Mme. ABCHICHE-MIMOUNI Nadia
M. HUTZLER Guillaume

Année scolaire : 2022 - 2023

Sommaire

1. Introduction	2
2. Analyse du problème	2
3. Stratégie adoptée	2
3.1. Types de robots et rôles	2
3.1.1. Bases	2
3.1.2. Explorers	4
3.1.3. Harvesters	5
3.1.4. Rocket launchers	5
3.2. La stratégie globale	9
4. Autres stratégies testées	11
5. Annexes	12

1. Introduction

Nous avons réalisé le projet Warbots. Dans ce projet, deux équipes s'affrontent : chaque équipe a deux bases, ainsi que des robots avec différents rôles. L'objectif de chaque équipe est de détruire les bases adverses afin de priver le ravitaillement de ces dernières, qui peuvent créer des robots en fonction de l'énergie disponible. Ce projet consiste à établir et développer une stratégie pour l'équipe rouge.

Le groupe est composé de Guillaume Descroix, Louka Doz et Céline Laguillon. Nous nous sommes répartis le travail en fonction des fonctions implémentant une ou plusieurs améliorations pour un type de robot, et ce pour chaque type de robot. Chaque membre du groupe a développé des fonctionnalités pour chaque type de robot.

Ce rapport va détailler l'ensemble des stratégies, conservées ou rejetées, que nous avons implémentées afin de prendre en compte un maximum de points que nous allons soulever dans une partie d'analyse du problème.

2. Analyse du problème

L'objectif du projet est de définir un comportement pour l'ensemble des robots pour qu'ils agissent de manière coordonnée et efficace, afin de pouvoir prendre le dessus sur l'adversaire et gagner la partie. Cela passe par l'attaque en détruisant les robots et bases adverses, mais aussi sur le plan de la production d'énergie grâce à la nourriture, que ce soit en repérant et récoltant les ressources que rapidement et efficacement, en plantant des graines ou encore en écrasant les plantations adverses. La défense est aussi importante car elle permet de ralentir ou contrer les actions citées précédemment.

La difficulté est que chaque robot a des actions, des points forts et des points faibles définis par son type. C'est donc le partage d'information et l'association en groupes qui permettront de faire la différence. L'information étant clé, en transmettre de fausses aux adversaires est aussi une méthode permettant de prendre le dessus.

Une bonne gestion de l'énergie par les bases est aussi importante, auquel cas elles deviendraient très vulnérables, ne pouvant plus créer de robot ou soigner les existants.

3. Stratégie adoptée

3.1. Types de robots et rôles

Nous avons créé 9 nouveaux rôles qui sont reconnaissables par des float (1.0, 2.0, ...). Il y a donc un rôle pour les robots sans rôle, comme les explorers, les harvesters ou les rocket launchers qui, lorsque ces derniers sont créés, n'ont pas de rôle. Ensuite, il y a le rôle d'attente d'un nouveau rôle ou d'une action. Enfin, il y a un rôle pour les rocket launchers : ils peuvent être "defender" pour défendre les bases ou "hunter leader" pour attaquer les bases ennemies.

3.1.1. Bases

Les bases ont pour rôle de créer des robots et de les recharger en énergie, balles, etc... quand ils en ont besoin. Les bases sont centrales puisque sans elle, les robots sont condamnés à mourir.

Comportement

Premièrement, les bases ont la possibilité de créer les différents types de robot et rôles (qui seront détaillés plus tard), tels que : un explorer, un harvester, un rocket launcher sans rôle, un defender (rocket launcher qui défend la base), une squad de rocket launcher (pour détruire les bases adverses) ou encore, un hunter (rocket launcher qui patrouille sur la carte).

Ces robots sont créés en suivant la stratégie que nous avons mis en place (voir. 2.3. Stratégie globale). Les règles que la base suit lui permettent de maintenir un niveau d'énergie suffisant pour soigner les robots et créer des munitions. Avec un seuil suffisant d'énergie, il lui est possible de créer de nouveaux robots en fonction des besoins, que ce soit pour maintenir un certain niveau de robots , pour se défendre ou pour lancer une attaque sur les bases ennemies.

Afin de donner un rôle à un robot, la base va se servir de messages pour attribuer un rôle, parfois de force, à un robot qui n'en a pas (voir schémas en annexes).

Les base peut aussi créer jusqu'à trois defenders, pour la défendre, et elle peut leur demander d'attaquer un rocket launcher qui la menacerait. Pour cela, elle cherche des rockets launcher ennemis dans son champ de vision. S'il elle en trouve un, elle donne sa position aux defenders qui vont le prendre pour cible.

Elle ne peut pas ordonner d'attaquer un autre type de robot, nous avons estimé que ce n'était pas nécessaire car moins dangereux. De plus, quand les defenders ne reçoivent pas d'ordre, ils continuent de tirer à vue sur n'importe quel type d'ennemi, ce qui est souvent déjà efficace.

Enfin, elle connaît l'identifiant des defenders, elle est donc capable de savoir combien sont encore en vie et donc, s'il est nécessaire d'en créer un nouveau.

De plus, elle est capable de recevoir des messages de la part des explorers qui lui transmettent les positions des bases ennemies qu'elle stocke dans sa mémoire. Lorsqu'elle connaît au moins une position de base adverse, elle peut créer un squad leader, en charge de former une squad pour aller détruire une base, et lui transmettre la ou les positions des bases ennemies.

Pour finir, on peut noter que la base est suffisamment intelligente pour ne pas créer de robots lorsque des robots sans rôles existent déjà. Pour cela, elle envoie un message à tous les robots et récupère en retour, une réponse des robots n'ayant pas de rôle (voir annexes). Elle peut donc piocher parmi cette liste pour donner un rôle et donc éviter de dépenser de l'énergie pour créer un nouveau robot.

Communications

Une base transmet les messages suivants :

- **Aux rocket launchers** : un message qui demande quel rocket launcher n'a pas de rôle
- **Aux rocket launchers sans rôle** : un message pour les faire devenir defenders, hunters ou squad leader, les deux derniers étant imposés, le rocket launcher ne peut pas refuser
- **Aux defenders** : la position d'un rocket launcher qui la menace

Une base reçoit les messages suivants :

- **Une demande d'énergie** : si elle peut, elle va fournir l'énergie au robot demandeur

- **Une demande de munition** : si elle peut, elle va les fournir au robot demandeur
- **Une coordonnée de base adverse** envoyée par un autre **explorer** : si elle ne la connaît pas, elle la stocke en mémoire
- **Un message de confirmation** de la part d'un **rocket launchers sans rôle qui accepte de devenir defender** : elle va donc aussi lui envoyer un message de confirmation lui ordonnant de devenir defender s'il est retenu, sinon, un message d'annulation de la connexions s'il n'est pas retenu

3.1.2. Explorers

Les robots explorers ne peuvent avoir qu'un seul rôle, celui de parcourir le terrain de façon aléatoire à la recherche d'informations qu'ils pourront transmettre par la suite.

Comportement

Leur mémoire est utilisée pour contenir la position des deux bases adverses, ainsi que la position de trois zones où de la nourriture est présente.

Pour obtenir la position d'une base, il suffit que l'explorer la croise et, s'il ne l'a pas déjà en mémoire, il stocke sa position. L'avantage c'est que les bases ne se déplacent pas, donc l'information est toujours juste.

Lorsqu'il repère de la nourriture, il va stocker sa position en mémoire en suivant le schéma suivant :

- S'il a une place libre en mémoire, il y met les coordonnées de la nourriture
- Si toute la mémoire est prise, il va remplacer la coordonnée la plus vieille qu'il connaît par la nouvelle coordonnée. De cette manière, les informations qu'il possède sont les plus récentes possible

Communications

Un explorer transmet les messages suivants :

- **Aux bases** : la position des bases adverses qu'il connaît
- **Aux autres explorers** : la position des bases adverses qu'il connaît
- **Aux harvesters** : les zones de nourritures en fonction de ce qu'il a en mémoire (s'il n'a croisé que deux zones, il n'enverra que deux coordonnées)
- **Aux rocket launchers** : la position des bases adverses qu'il connaît et les zones de nourritures

Un explorer reçoit les messages suivants :

- **Une coordonnée de base adverse** envoyée par un autre **explorer** : s'il ne la connaît pas, il la stocke en mémoire
- **Une correction**, envoyée par un **harvester**, qui indique qu'une zone de nourriture n'est plus valide. En effet, un harvester est en mesure d'indiquer s'il n'y a plus de nourriture à une position qui lui a été envoyée par un explorer. Dans ce cas, la place en mémoire correspondant aux coordonnées de cette zone est libérée

Pour finir, les explorers sont les seuls robots à envoyer des messages aux robots adverses afin de les induire en erreur. Pour cela, ils envoient aux explorers et harvesters

adverses une coordonnée de nourriture générée aléatoirement et indiquent aux rocket launchers d'attaquer un de leur robot à proximité choisi aléatoirement.

3.1.3. Harvesters

De même que les explorers, les harvesters n'ont qu'un rôle, celui de récolter la nourriture et de la ramener à la base, ainsi que de planter des graines.

Comportement

Leur comportement est de se déplacer aléatoirement jusqu'à trouver de la nourriture qu'ils vont alors récupérer. Pour plus d'efficacité, ils possèdent aussi une place en mémoire qui leur permet de stocker la dernière position où ils ont vu de la nourriture. De cette manière, si un harvester rentre à la base avant d'avoir tout récupéré, il retourne en priorité chercher ce qu'il reste, ne s'arrêtant que lorsqu'il n'y a plus de nourriture à cet endroit.

De plus, une fois à la base, un harvester qui transporte plus de 500 de nourriture et qui possède assez de vie, ne va pas immédiatement donner cette nourriture à la base. Il va d'abord planter des graines aléatoirement dans la base, jusqu'à ce qu'il ait posé 20 graines ou qu'il transporte moins de 500 de nourriture. Une fois cette tâche faite, il peut enfin donner la nourriture à la base. Cela est très avantageux car planter beaucoup de graines permet d'avoir beaucoup de quantités de nourritures facilement accessibles.

Communications

Un harvester transmet les messages suivants :

- **Aux explorers et harvesters** : lorsqu'un harvester reçoit une position de nourriture et que celle-ci correspond à la dernière position où il a vu de la nourriture mais que la dernière fois qu'il y ait allé, il n'y en avait plus, le harvester peut notifier à l'envoyeur que cette position n'est plus valide et qu'il ne faut pas la partager
- **Aux autres harvesters uniquement** : le dernier endroit où il a vu de la nourriture mais seulement s'il en reste (ou qu'il ne sait pas qu'il y en a plus)

Un harvester reçoit les messages suivants :

- **Une coordonnée de nourriture** envoyée par **un autre harvester ou un explorer** : la coordonnée est considérée comme la dernière position où de la nourriture a été vue et le harvester s'y rend immédiatement
- **Une correction**, envoyée par **un harvester**, qui indique qu'une zone de nourriture n'est plus valide (même principe que pour les explorers). Dans ce cas, la position de la zone en mémoire est considérée comme n'ayant plus de nourriture à fournir

3.1.4. Rocket launchers

Au cours de la partie, le rôle des rocket launcher est de détruire les bases adverses et de tirer sur les adversaires pour leur faire perdre des points de vie, que ce soit pour attaquer ou défendre. Cependant, nous avons décidé de ne pas implémenter ces trois objectifs pour chaque rocket launcher. A la place, nous leur attribuons un rôle qui déterminera leur comportement : "Defender" pour la défense de la base, "Hunter" pour

chasser les robots adverses, ainsi que “Squad leader” et “Squad soldier” spécialisés dans la destruction de bases.

Pour mieux comprendre comment l'attribution de rôles se fait, voir : 4. Annexes.

A. Sans rôle

Lorsqu'un rocket launcher est créé par la base, il n'a pas de rôle par défaut. En général, un rôle lui est rapidement attribué par la base mais il peut arriver qu'il reste sans pendant un certain temps (tant que la base n'a pas besoin d'un rocket launcher).

Comportement

S'ils n'ont pas de rôle, la base peut leur envoyer un message pour demander quel rocket launcher cherche un rôle, il prennent alors le rôle “en attente”, qui ne change rien à leur comportement mais les empêche de pouvoir accepter un autre rôle et les prépare à potentiellement prendre un rôle.

Tant qu'ils n'ont pas de rôle, ils agissent exactement comme des “Defenders”, pour qu'ils ne restent pas sans bouger inutilement mais qu'ils restent aussi près de la base au cas où elle aurait besoin d'eux.

Communications

Un rocket launcher sans rôle transmet les messages suivants :

- **Aux bases** : lorsqu'il reçoit un message indiquant que la base cherche des rocket launcher sans rôle, il lui répond indiquant qu'il est disponible
- **Aux bases ou aux squad leaders** : un message de confirmation indiquant qu'il accepte le rôle qu'on veut lui confier (respectivement être defender ou squad soldier)

Un rocket launcher sans rôle reçoit les messages suivants :

- **Un message indiquant que la base recherche des rocket launcher sans rôle** : il lui répond indiquant qu'il est disponible et se met en rôle “en attente”
- **Un message d'un squad leader indiquant une connexion confirmée** : cela signifie qu'il est retenu en temps que squad soldier, il prend donc ce rôle
- **Un message d'un squad leader indiquant une connexion annulée** : cela signifie qu'il n'est pas retenu en temps que squad soldier, il ne change donc rien
- **Un message d'une base indiquant une connexion confirmée** : cela signifie qu'il est retenu en temps que defender, il prend donc ce rôle
- **Un message de la base indiquant une connexion annulée** : cela signifie que la base ne va pas lui attribuer de rôle, il repasse donc de “en attente” à “sans rôle”
- **Un message de la base indiquant qu'il est maintenant un hunter** : il prend donc le rôle de hunter. Il n'y a pas de confirmation pour ce rôle, il ne peut donc pas refuser

B. Defender

Le rôle d'un defender est de défendre la base contre les robots ennemis et notamment contre les rockets launchers.

Comportement

Le defender se balade dans la base de manière aléatoire et lorsqu'il croise un robot, il le prend pour cible, le suit et lui tire dessus, jusqu'à le tuer ou perdre sa trace. Il peut aussi recevoir l'ordre de la base d'attaquer une cible particulière.

S'il s'éloigne trop de la base au point de ne plus pouvoir communiquer avec elle, il abandonne ce qu'il faisait et y revient immédiatement, afin de toujours être là pour défendre la base et recevoir des ordres.

Communications

Un defender ne transmet aucun message. Cependant, il reçoit les messages suivants :

- **La position d'une cible envoyée par la base** : il va donc prioriser cette cible et faire son travail de défenseur contre celle-ci

C. Hunter

Un hunter a pour objectif de chasser les robots ennemis à travers la carte.

Comportement

Le hunter se balade aléatoirement sur le terrain à la recherche d'un robot ennemi. Pour plus d'efficacité, nous avons décidé qu'il privilégiera d'abord les rocket launcher, puis les harvester, les explorer et enfin, la base. Dans la même idée, s'il est en train de tirer sur une cible et qu'il détecte un autre robot avec priorité plus importante, il changera de cible. Lorsqu'il a défini une cible, il va la poursuivre et lui tirer dessus jusqu'à la perdre ou la tuer.

Les hunters vont aussi chercher à s'entraider en partageant les cibles sur lesquelles ils tirent, à tous les hunters à proximité. De cette manière, lorsqu'un hunter reçoit ce type de message et qu'il n'attaque personne, il va se diriger vers cette position pour aller attaquer la même cible dans le but d'aider l'envoyeur du message.

Dans le cas où il attaque déjà une cible, il va comparer le type de sa cible avec le type de la cible désignée dans le message. Si sa cible actuelle est moins prioritaire, il arrête de l'attaquer et part aider le hunter ayant envoyé le message.

Enfin, les hunters reçoivent des positions de nourriture de la part des explorers. Si les hunters ne sont pas occupés à chasser une cible, ils vont se diriger vers cette nourriture. Ce comportement a pour but de protéger les harvesters alliés mais aussi de chasser les harvesters ou explorers ennemis afin de prendre l'avantage sur cette ressource.

Communications

Un hunter transmet les messages suivants :

- **Aux autres hunters** : la position de la cible qu'il attaque, ainsi que le type de la cible

Un hunter reçoit les messages suivants :

- **Une position et un type de cible de la part d'un autre hunter** : s'il ne tire sur aucune cible, il va se diriger vers cette position pour aller aider à détruire une cible. Sinon, il compare le type de sa cible actuelle avec le type issu du message : si le type de sa cible est moins prioritaire, il va aider, sinon il continue de tirer sur sa cible

- **Une position de nourriture de la part d'un explorateur** : s'il ne tire sur aucune cible, il va se diriger vers cette nourriture afin de chasser les robots ennemis de la zone et protéger les harvesters alliés, permettant de sécuriser la ressource

D. Squad leader

Une squad est une équipe de 4 rocket launchers qui ont pour unique objectif de détruire les bases adverses. Un squad leader est celui qui a les informations et qui va diriger le groupe.

Comportement

Lorsqu'il est désigné squad leader par la base, il reçoit en même temps les coordonnées des bases adverses connues (une ou deux coordonnées en fonction du nombre de bases découvertes par les explorateurs). Il est à noter que si la base ne lui fournit qu'une seule coordonnée mais qu'il croise un explorateur qui connaît la seconde, l'explorateur va lui envoyer la position de la deuxième base, et donc le squad leader connaître les positions des deux bases.

Contrairement aux autres rôles et robots, le squad leader ne va pas partir seul. Il va rechercher parmi tous les robots dans la base, trois autres rocket launchers qui n'ont pas de rôle et va leur proposer de devenir des squad soldats pour former une équipe.

Une fois l'équipe formée, le squad leader se dirige directement vers une base adverse et donne, en même temps, la direction et la vitesse de déplacement à ses squad soldats, ce qui leur permet de le suivre et donc de se déplacer en groupe.

Lorsqu'il atteint la coordonnée où doit se trouver une base, il tire dessus et ordonne aux squad soldats de tirer aussi. Si la base n'est pas trouvable, le squad leader considère qu'elle est détruite et passe à la suivante.

Si le squad leader n'a plus de base à attaquer, il se transforme en hunter et ordonne aux squad soldats de faire de même.

Communications

Un squad leader transmet les messages suivants :

- **Aux rocket launchers** : une invitation à devenir squad soldat. Si le destinataire du message accepte, un message de confirmation de connexion indiquant qu'il est retenu dans l'équipe peut lui être envoyé en retour. Il en va de même pour un message d'annulation de connexion indiquant qu'il n'est pas retenu
- **Aux squad soldats** : la direction et la vitesse de déplacement ou ordonne de tirer sur une base, pour se déplacer et attaquer en groupe, ou encore, il peut leur envoyer un message ordonnant qu'ils se transforment en hunters

Un squad leader reçoit les messages suivants :

- **Un message de confirmation d'un rocket launcher sans rôle** indiquant qu'il accepte d'être squad soldat
- **La position d'une base de la part d'un explorateur** : s'il ne connaît pas cette position, il l'enregistre dans sa mémoire

E. Squad soldier

Un squad soldier fait partie d'une équipe de 4 rocket launcher dirigée par le squad leader, auquel il obéit.

Comportement

Le squad soldier ne fait rien s'il ne reçoit pas d'ordre. Seul le squad leader peut lui dire de se déplacer dans une direction et à une vitesse donnée, ou d'attaquer une cible à une position donnée. S'il s'éloigne trop du squad leader au point de ne plus pouvoir communiquer avec lui, le squad soldier retourne à la base et redevient un rocket launcher sans rôle.

Communications

Un squad soldier ne transmet aucun message mais il reçoit les messages suivants :

- **La direction et la vitesse de déplacement de la part d'un squad leader**
- **La position d'une cible sur laquelle il faut tirer de la part d'un squad leader**

3.2. La stratégie globale

Nous avons pu voir la manière dont nous avons mis en place les routines de nos différents robots avec des comportements différents en fonction des rôles attribués à ces derniers, la manière dont les bases fonctionnent avec les différents scénarios, ... Intéressons nous à présent à la stratégie qui en découle.

Dans un premier temps, il est intéressant de noter que nous avons fait le choix de traiter chaque base indépendamment l'une de l'autre. Nous avons par la suite effectué un certain nombre de tests afin d'affiner notre stratégie et de mieux comprendre l'importance de différentes actions :

L'attaque

Nous nous sommes rapidement aperçu de la puissance de nos "squads" lorsque ces derniers partaient attaquer une base adverse. De plus, lorsqu'une base est détruite, cette action est irréversible et il est impossible d'en reconstruire une. Ainsi l'avantage conféré semble très important. Nous avons donc décidé d'adopter une stratégie s'axant sur une attaque rapide et puissante des bases adverses.

La récolte des ressources

Toutefois l'attaque ne suffit pas en elle-même à remporter la partie. En effet, nous nous sommes rapidement aperçu de l'importance de collecter des ressources pour entre

autres pouvoir “soigner” les robots blessés, créer des munitions, créer de nouveaux robots, ... En bref, survivre et pouvoir continuer à se développer au mieux.

La communication

La communication est au centre de ce jeu et le partage d'information dans ce type de jeux est primordial. Afin d'éviter tout sabotage, il est intéressant de relever que nous avons fait le choix de ne pas prêter attention aux messages des ennemis qui pourraient être envoyés à nos robots pour saboter leurs comportements. Mais nous avons aussi décidé d'envoyer des messages factice au robots adverses afin de les déstabiliser dans le cas où ces derniers n'auraient pas protégé leurs communications (cf comportement robots).

Dès lors ces principaux axes étudiés, il ne restait plus qu'à affiner la stratégie :

Au démarrage de la partie (phase 1), chaque base crée un explorateur qui part à la recherche d'une base et de ressources pour les harvester. En parallèle de cette recherche, on crée à chaque itération un robot choisi aléatoirement entre un harvester (60% de chance) et un explorateur (40% de chance) si la base possède plus de 30 000 ressources. Dès lors qu'un explorateur trouve une base, il rentre immédiatement à la base afin de communiquer l'information.

Dès lors, on passe à la phase 2 de notre stratégie : On crée une squad de rocket launcher qui part directement attaquer la base adverse (grâce aux ressources que nous avons gardé en préventions). Cette action coûte cher mais elle repose sur le fait que les bases possèdent une grande quantité d'énergie au début de la partie.

Une fois cette squad envoyée, nous passons dans la dernière phase qui nous permet de stabiliser nos bases :

Ainsi chaque tour, on s'assure qu'aucun rocket launcher n'attaque notre base. Si c'est le cas, on passe dans le scénario permettant avec une probabilité de 10% de créer un robot “defender” si il n'y a pas déjà 3 défenseurs attribués à la base. La probabilité ici est présente pour éviter de créer un nombre de défenseurs trop important si il n'y a par exemple qu'un ennemi. Ainsi on peut continuer à diversifier nos activités malgré une attaque.

Si on ne crée pas de nouveaux defender, on va chercher à créer aléatoirement :

- Un harvester (probabilité de 0.8)
- Un explorateur (probabilité de 0.1)
- Un hunter (probabilité de 0.1)

afin de continuer à nous développer partout sur la carte en récoltant des ressources et en attaquant les robots adverses. A noter que les probabilités ont été définies après un certain nombre de tests.

4. Autres stratégies testées

Au cours de nos recherches de stratégie, nous avons pensé à faire une équipe composée d'un harvester et d'un rocket launcher. Le harvester décidait de la direction à prendre tandis que le rocket launcher le défendait contre les rocket launcher ennemis et éloignait les harvester adverses. La vision était aussi augmentée car le rocket launcher pouvait transmettre la position des burgers à son partenaire.

Cependant, cette équipe coûtait beaucoup en termes d'énergie et n'était pas assez efficace car dès qu'ils se perdaient, ils rentraient à la base, et surtout, car le rocket launcher ne pouvait pas poursuivre une cible du fait qu'il n'était pas maître de ses mouvements, ce qui l'empêchait de poursuivre une cible pour la toucher suffisamment de manière à la tuer ou la faire rentrer à la base.

Ensuite, nous avons essayé de faire des équipes de deux hunters. Mais, comme pour l'équipe de harvester et de rocket launcher, la création de l'équipe était trop coûteuse en énergie. De plus, les hunters se perdaient de vue régulièrement, ce qui retire l'intérêt du groupe.

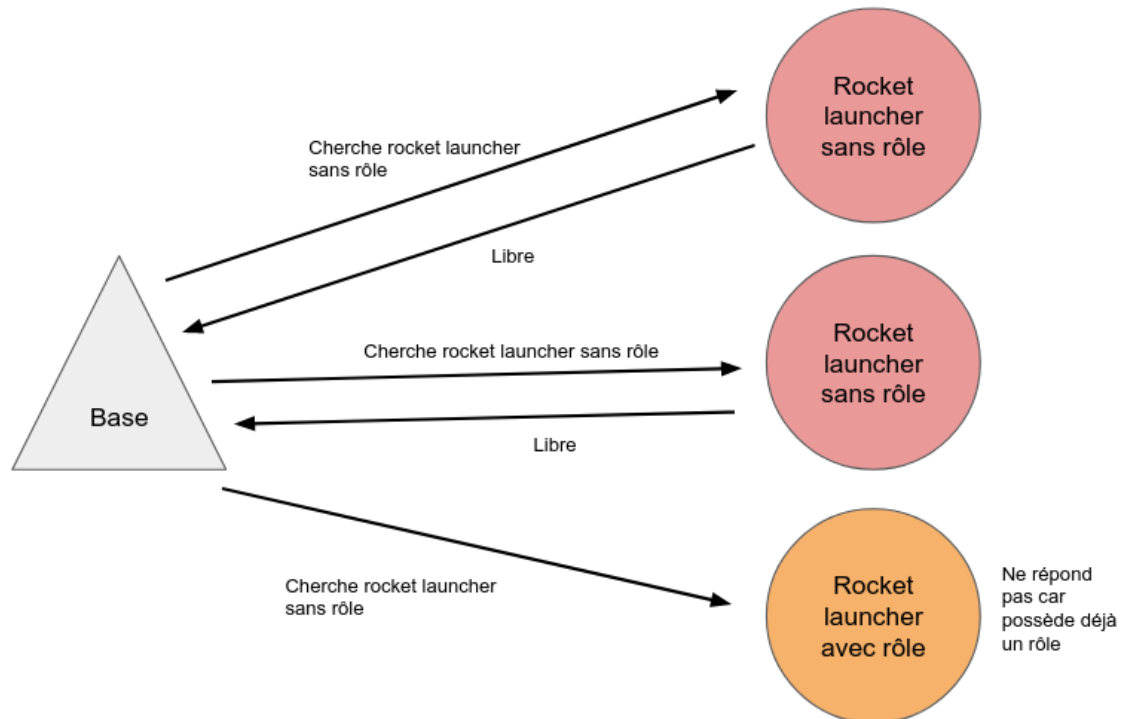
Les deux stratégies ci-dessus n'ont pas complètement disparues puisqu'on les retrouve actuellement avec les hunters qui sont certes solitaires, mais qui s'entraident lorsqu'ils se croisent et qui vont aussi chercher à défendre les harvesters en se rendant près des zone de nourriture pour y chasser les ennemis.

Enfin, nous avons fait des probabilités pour la création des robots au niveau des bases. Au début de la partie, une base crée un nouvel explorer avec 40% de chance et un harvester avec 60% de chance. En cours de partie, une base crée un nouvel explorer avec 10% de chance, un nouvel hunter avec 10% de chance également et un harvester avec 80% de chance.

Ces probabilités permettent de créer des robots différents, et donc de diversifier les robots. D'après nos tests, les harvesters rapportent beaucoup d'énergie donc ils ont une haute probabilité d'être créés. Quant aux explorers, ils sont très utiles en début de partie, mais beaucoup moins en cours de partie, donc leur probabilité de création diminue fortement.

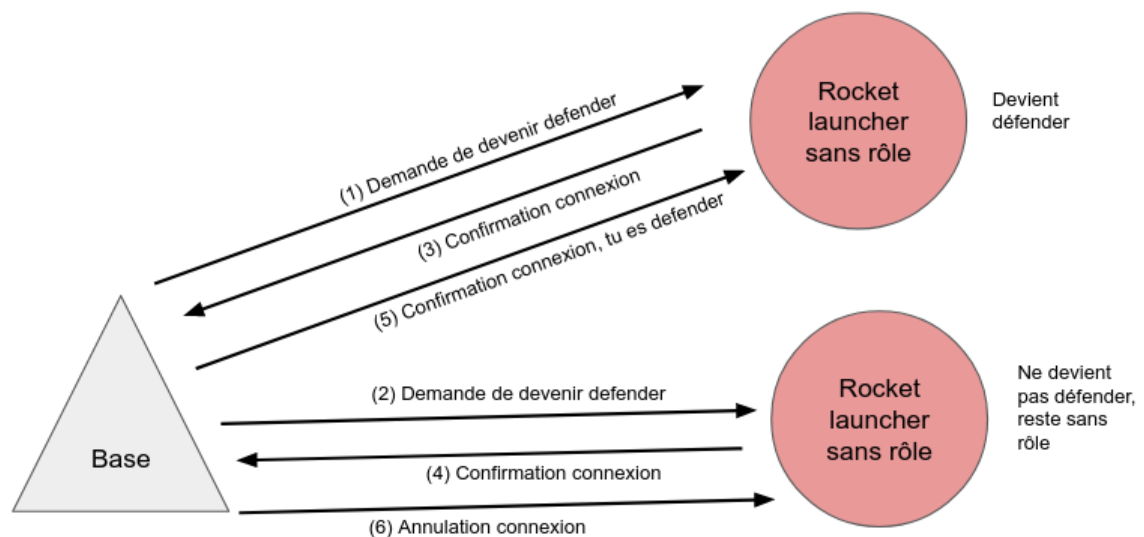
5. Annexes

Schémas de la recherche de rocket launcher sans rôle par la base

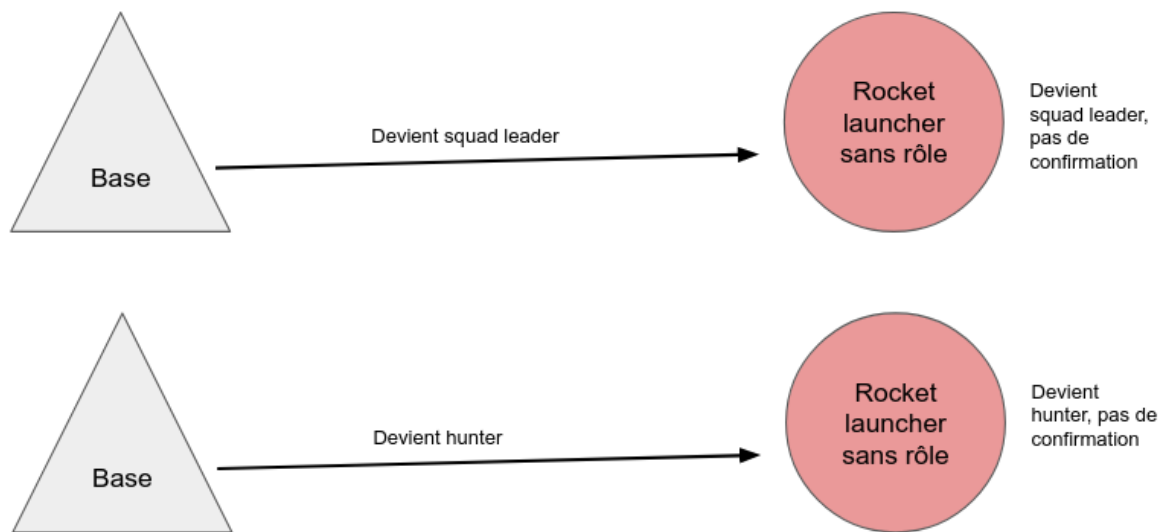


Schémas d'attribution du rôle de defender par la base

Dans cet exemple, nous ne cherchons qu'un seul defender.



Schémas d'attribution du rôle de hunter et squad leader par la base



Schémas de la recherche de squad soldier par un squad leader

Dans cet exemple, nous ne cherchons qu'un seul squad soldier.

