

Informatique par apprentissage 2^e année

PROJET D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (V2)

A. LEBRET

Projet à réaliser en binômes ou par groupes de deux binômes adversaires

1 Présentation

À première vue, la planète LV-223 présentait toutes les conditions propices à l'installation d'une colonie humaine. En 2093, un vaisseau spatial composé de robots d'exploration y avait d'ailleurs été envoyé de manière à installer une base et à préparer son environnement immédiat. Cette base devait garantir la survie d'une première vague de dix-sept colons humains prévue huit ans plus tard. Malheureusement, la planète avait eu raison des robots de la mission d'exploration, excepté du centralisateur et de la base.

Le vaisseau s'est posé à l'extrémité d'un plateau *a priori* sécurisé et constitué de pierraille.

L'objectif de ce projet est de réaliser une application qui simule la phase de préparation à la colonisation humaine à venir. Toutefois, LV-223 va se révéler moins hospitalière que prévu. Vos robots parviendront-ils à sécuriser la base et son environnement avant l'arrivée de la colonie prévue huit ans plus tard ?

Afin de réaliser ce projet, il vous faudra mettre en œuvre les connaissances vues en cours, en particulier les agents et systèmes multi-agents, la logique floue, peut-être des algorithmes génétiques, et sans doute un des algorithmes de recherche.

La particularité de ce projet vient du fait qu'il est éventuellement possible de le réaliser par groupes de deux binômes, l'un des binômes s'occupant de la partie colonie et l'autre de la planète. Dans ce type d'équipe, il faudra donc prendre soin de définir rigoureusement l'articulation entre les deux parties, et aussi prévoir une solution de replis si l'une des parties n'aboutissait pas. Bien évidemment, la conception devra dans ce cas être beaucoup plus aboutie.

1.1 LV-223

LV-223 est une planète métamorphe dont l'atmosphère correspond à celle de la Terre et qui bénéficie d'une vie végétale (entre autres des fruits et légumes comestibles), ainsi que d'une vie animale *a priori* à l'état embryonnaire (notamment des *lumbricina* dans le sol et différents insectes pollinisateurs). La planète comprend plusieurs types de terrains comme le montre la figure 1 qui indique l'état de celle-ci au départ de la simulation.

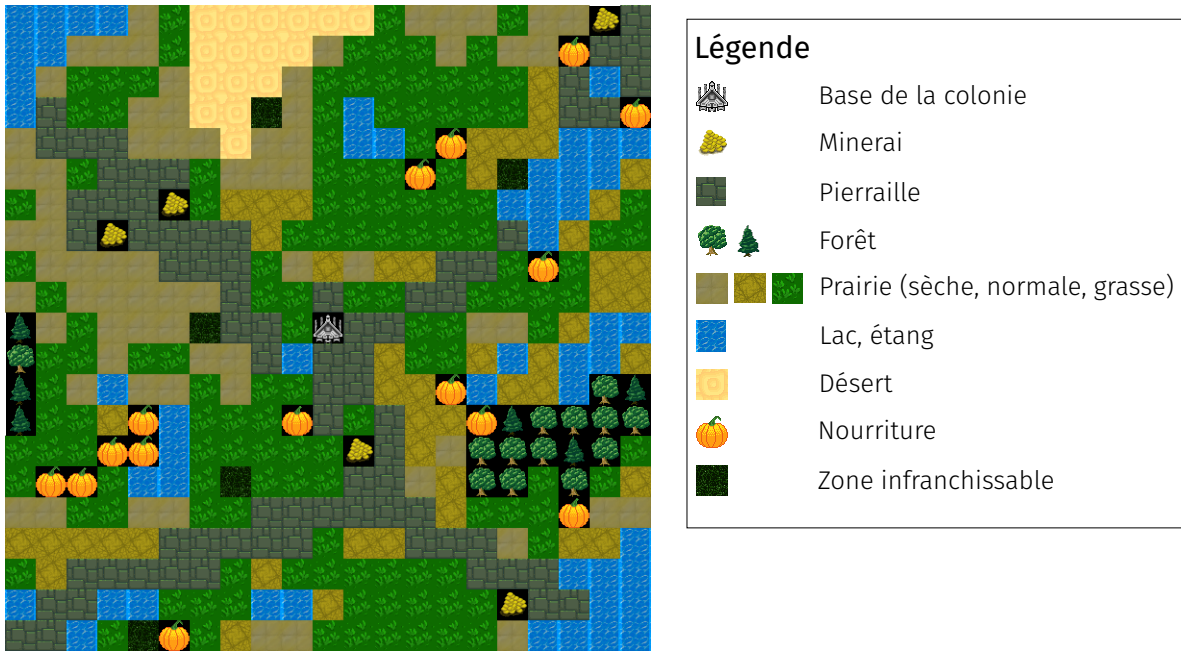


FIGURE 1 – Terrain initial de la zone d'exploration de LV-223 (21 × 21 cases).

Exosquelette

La planète est constituée d'un exosquelette rigide qui est déterminé par les zones de pierraille, ainsi que par les fonds marins des lacs et étangs qui y sont rattachés. Le reste des régions peut quant à lui subir des métamorphoses en fonction des modifications de l'environnement de la planète, en particulier lors de l'extraction du minerai, ou encore lors du prélèvement de l'eau.

Minerai

Les régions contenant du minerai font partie intégrante de l'exosquelette de la planète. Tout prélèvement de minerai déstabilise l'exosquelette de la planète et risque de causer des métamorphoses sur l'ensemble des autres régions de la planète. Le niveau d'extraction peut être considéré comme « petit », « moyen » ou « grand » en fonction du pourcentage d'extraction du minerai présent sur une case, ainsi que le montre la fonction d'appartenance de la figure 2.

Lacs et étangs

Les fonds des lacs et étangs font partie intégrante de l'exosquelette de la planète. Une case de ce type de terrain représente 200 000 m³ d'eau. Tout prélèvement d'eau est susceptible de déstabiliser

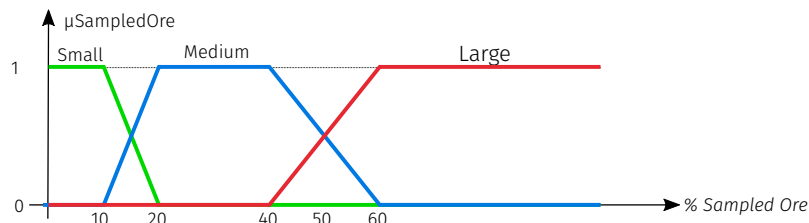


FIGURE 2 – Fonction d'appartenance pour l'extraction de minerai sur LV-223.

l'exosquelette de la planète et peut participer au risque de métamorphose sur l'ensemble des régions transformables. Le niveau de prélèvement peut être considéré comme « insignifiant », « petit », « moyen » ou « grand » en fonction du nombre de m^3 prélevés sur une case, ainsi que le montre la fonction d'appartenance de la figure 3.

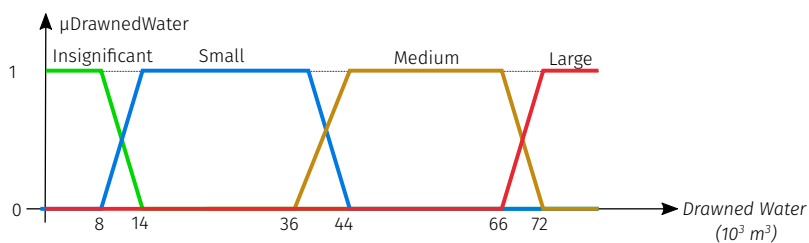


FIGURE 3 – Fonction d'appartenance pour le prélèvement d'eau sur LV-223.

Métamorphoses

Le pourcentage de métamorphoses de l'ensemble du territoire métamorphosable pourra être « limité », « petit », « moyen », « grand » ou « important », ainsi que le montre la fonction d'appartenance de la figure 4.

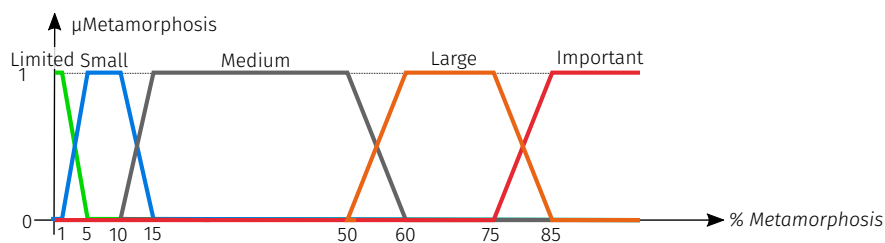


FIGURE 4 – Fonction d'appartenance pour les métamorphoses de LV-223.

Les règles de métamorphoses possibles en fonctions des extractions de minerai ou de prélèvement d'eau sont les suivantes :

- R01 SI extraction petite ET prélèvement insignifiant ALORS métamorphose limitée
- R02 SI extraction petite ET prélèvement petit ALORS métamorphose petite
- R03 SI extraction petite ET prélèvement moyen ALORS métamorphose petite

- R04 SI extraction petite ET prélèvement grand ALORS métamorphose moyenne
- R05 SI extraction moyenne ET prélèvement insignifiant ALORS métamorphose moyenne
- R06 SI extraction moyenne ET prélèvement petit ALORS métamorphose moyenne
- R07 SI extraction moyenne ET prélèvement moyen ALORS métamorphose moyenne
- R08 SI extraction moyenne ET prélèvement grand ALORS métamorphose moyenne
- R09 SI extraction grande ET prélèvement insignifiant ALORS métamorphose grande
- R10 SI extraction grande ET prélèvement petit ALORS métamorphose grande
- R11 SI extraction grande ET prélèvement moyen ALORS métamorphose importante
- R12 SI extraction grande ET prélèvement grand ALORS métamorphose importante

La métamorphose d'un terrain va entraîner la destruction de toute construction s'y trouvant, par exemple la portion d'un pipeline sur cette case. De même, si un robot se trouve sur un terrain lors de sa métamorphose, il peut alors subir des dégâts matériels (voir section 1.2 plus bas).

Le tableau ci-dessous regroupe les métamorphoses possibles pour chaque type de terrain :

Terrain initial	Terrain métamorphosé	Probabilité de réalisation (%)
Forêt	Prairie sèche	20
Forêt	Prairie normale	30
Forêt	Prairie grasse	40
Forêt	Désert	9
Forêt	Zone infranchissable	0,01
Prairie sèche	Désert	80
Prairie sèche	Nourriture	19
Prairie sèche	Zone infranchissable	0,01
Prairie normale	Désert	10
Prairie normale	Prairie sèche	60
Prairie normale	Nourriture	30
Prairie grasse	Désert	5
Prairie grasse	Prairie normale	40
Prairie grasse	Prairie sèche	30
Prairie grasse	Nourriture	25
Désert	Prairie sèche	65
Désert	Zone infranchissable	0,1
Nourriture	Prairie grasse	50
Nourriture	Prairie normale	30
Nourriture	Prairie sèche	10
Nourriture	Forêt	10
Zone infranchissable	Désert	1
Pierraille	Minerai	2
Minerai	Pierraille	5

TABLE 1 – Métamorphose des terrains

1.2 Robots d'exploration

Au nombre de douze, nos robots d'exploration n'ont au départ aucune connaissance du terrain environnant la base ni des capacités métamorphiques que possède LV-223.

Pour simplifier, on supposera qu'un robot possède une énergie lui permettant de fonctionner jusqu'au nombre de tours maximal de la simulation.

Types de robots

Les robots rencontrés dans cette simulation comprennent :

- des ouvriers (trois extracteurs de minerai, trois constructeurs de pipelines et trois récolteurs de nourriture);
- deux agriculteurs;
- le centralisateur.

Centralisateur

Dans sa version 1.0, le centralisateur est un robot qui stationne en permanence à la base et surveille l'évolution de l'exploration. Il collecte les données fournies, comptabilise l'ensemble des ressources ramenées par les extracteurs de minerai et les récolteurs de nourriture, ainsi que la quantité d'eau stockée et sa consommation. Il dresse au fur et à mesure de la simulation une carte des ressources de la planète en fonction de l'information transmise par les autres robots, ainsi que celle du réseau de pipelines.

Extracteur de minerai

L'objectif de ce type de robot est de collecter du minerai (notamment de l'acier, du platine, du palladium, etc. présents en quantité sur la planète) puis de le rapporter à la base. Ce robot n'a pas de carte de la région à explorer, par contre il sait que cette région comporte des obstacles infranchissables (zone infranchissable ou cases contenant de l'eau).

La localisation des minerais est inconnue au départ. Le robot est muni de détecteurs le renseignant sur la présence de minerai sur la case courante. Il a en mémoire la localisation de la base où il devra rapporter le minerai collecté, ainsi que celle de la case qu'il vient de trouver et sur laquelle il va réaliser l'extraction.

Dès qu'un robot a trouvé une case de minerai, il transmet sa localisation au centralisateur, dépose un marqueur au sol afin d'indiquer à d'autres robots extracteurs que le terrain est en cours d'exploitation, puis il débute l'extraction (2 % du filon en un tour).

Lorsqu'un terrain voit son minerai épuisé, il devient de type pierraille.

Récolteur de nourriture

L'objectif de ce type de robot est de collecter de la nourriture puis de la rapporter à la base afin qu'elle y soit conditionnée. Ce robot n'a pas de carte de la région à explorer, par contre il sait que cette région comporte des obstacles infranchissables (zone infranchissable ou cases contenant de l'eau).

La localisation de la nourriture est inconnue au départ. Le robot est muni de détecteurs le renseignant sur la présence de nourriture sur la case courante. Il a en mémoire la localisation de la base

où il devra rapporter la nourriture collectée, ainsi que celle de la case qu'il vient de trouver et sur laquelle il va réaliser la récolte.

Dès qu'un robot a trouvé une case de nourriture, il transmet sa localisation au centralisateur, dépose un marqueur au sol afin d'indiquer à d'autres robots récolteurs que le terrain est en cours d'exploitation, puis il débute la récolte (10 % du terrain en un tour).

Lorsqu'un terrain voit sa nourriture épuisée, il devient une prairie sèche.

Constructeur de pipelines

L'objectif de ce type de robot est de construire un pipeline entre une source d'eau qu'il vient de détecter et la base, puis de le maintenir en état. Le pipeline devra suivre le chemin le plus court entre le lac ou l'étang et la base. Une fois connecté, le pipeline permettra d'assurer à la base une consommation de 1000 m³ par tour. On considérera qu'une fois connecté à la base, le pipeline assure immédiatement le débit maximal.

Le robot constructeur de pipelines n'a pas de carte de la région à explorer, par contre ils sait que cette région comporte des obstacles infranchissables (zone infranchissable ou cases contenant de l'eau).

La localisation des lacs et étangs est inconnue au départ. Le robot est muni de détecteur le renseignant sur la présence d'un lac ou d'un étang sur une ou plusieurs des cases voisines de la case courante. Il a en mémoire la localisation de la base vers laquelle il devra diriger le pipeline, ainsi que celle de la case qu'il vient de trouver à proximité d'une réserve d'eau.

Dès qu'un robot a trouvé une case voisine d'un lac ou d'un étang, il transmet sa localisation au centralisateur et commence la construction du pipeline en déterminant le chemin le plus court. Si en cours de route il tombe sur un tronçon de pipeline, il effectue un raccordement et le suit en se dirigeant vers la base.

La construction d'une portion de pipeline sur une case prend deux tours. La maintenance est ensuite réalisée en parcourant le pipeline de bout en bout en permanence.

Agriculteur

L'objectif de ce type robot est de cultiver les terres arables (prairies) autour de la base afin de produire de la nourriture. Ce robot ayant besoin d'eau pour la culture, il devra attendre que la base soit alimentée en eau à l'aide des pipelines avant de parcourir la planète. Une fois la terre arable d'une case transformée en nourriture, le robot peut partir à la recherche d'une autre terre arable.

Comme les autres robots, le robot agriculteur n'a pas de carte de la région à explorer, par contre il sait que cette région comporte des obstacles infranchissables (zone infranchissable ou cases contenant de l'eau).

Dès qu'un robot a trouvé une case de prairie, il transmet sa localisation au centralisateur et initie la conversion du terrain. La conversion d'une case de type prairie en une case de type nourriture demandera à un robot agriculteur :

- 15 tours et 100 m³ d'eau par tour pour une prairie grasse;
- 30 tours et 200 m³ d'eau par tour pour une prairie normale;
- 60 tours et 400 m³ d'eau par tour pour une prairie sèche.

Une fois la conversion réalisée, le robot agriculteur repart aussitôt à la recherche d'une case de prairie à cultiver.

Dysfonctionnement des robots

Lors d'une métamorphose, les robots peuvent rester en bonne santé, être touchés, voire détruits. La bonne santé d'un robot est décrite par la fonction d'appartenance de la figure 5.

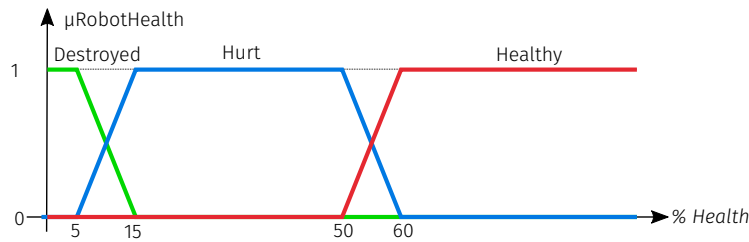


FIGURE 5 – Santé des robots.

Les règles amenant à une perte de points de vie sont les suivantes :

- R13 SI métamorphose limitée ET terrain = Zone infranchissable ¹ ALORS le robot est détruit
- R14 SI métamorphose limitée ET terrain \neq Zone infranchissable ALORS le robot reste en bonne santé
- R15 SI métamorphose petite ET terrain = Zone infranchissable ALORS le robot est détruit
- R16 SI métamorphose petite ET terrain \neq Zone infranchissable ALORS le robot reste en bonne santé
- R17 SI métamorphose moyenne ET terrain = Zone infranchissable ALORS le robot est détruit
- R18 SI métamorphose moyenne ET terrain \neq Zone infranchissable ALORS le robot est touché
- R19 SI métamorphose grande ET terrain = Zone infranchissable ALORS le robot est détruit
- R20 SI métamorphose grande ET terrain \neq Zone infranchissable ALORS le robot est touché
- R21 SI métamorphose importante ET terrain = Zone infranchissable ALORS le robot est détruit
- R22 SI métamorphose importante ET terrain \neq Zone infranchissable ALORS le robot détruit

Lorsqu'un robot est touché, il retourne à la base et y reste trois tours afin d'être réparé.

Stratégie de déplacement

Tous les robots sont capables d'avancer d'une case à chaque tour (le déplacement se faisant sur une des huit cases voisines de la case courante). Pour ce faire, chaque robot dispose d'un capteur de voisinage qui lui indique pour les huit cases voisines (figure 6) le type de terrain ainsi que son occupation ou non par un autre robot.

Les robots fonctionnent sur un mode « exploration / exploitation » à l'aide d'un algorithme ϵ -greedy. Afin d'optimiser son déplacement au fur et à mesure des métamorphoses de la planète, les robots qui ont accès à la carte mise à jour du centralisateur, sont munis d'une stratégie de déplacement par *Q-learning* qui leur permet de choisir au mieux les trajets de retour à la base (voir : *Q-learning*).

2 Implémentation

La réalisation se fera au choix en langage C++ ou en Java ².

1. il s'agit du nouveau type de terrain
2. Il est envisageable d'utiliser le langage Go ou le couple HTML5/Javascript si vous les maîtrisez déjà et que vous trouvez des bibliothèques équivalentes à celles présentées et utilisées.

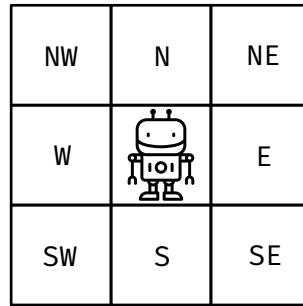


FIGURE 6 – Robot et son voisinage.

2.1 Initialisation

Le terrain est de dimension 21×21 et sa constitution initiale correspond à celle de la figure 1. Il comporte la base en son centre. Enfin, le nombre de tours maximal de la simulation est fixé à 2 922 tours (un tour correspondant à un jour).

2.2 Simulateur

Le simulateur permet de visualiser la préparation de la planète à sa future colonisation. La simulation prend fin lorsque le nombre maximal de tours est atteint ou encore lorsque tous les robots mobiles sont détruits. Il pourrait dans le meilleur des cas offrir la possibilité à l'utilisateur de modifier graphiquement les différentes fonctions d'appartenance avant le lancement de la simulation.

LV-223

La planète peut être considérée au choix comme :

- un unique agent « réactif » (c'est le cas décrit ici au niveau des règles floues);
- un système multi-agents dont les agents « réactifs » sont les différentes cases de terrain (auquel cas il faudra repenser les règles).

Bibliothèques externes

Il pourra être nécessaire d'employer des bibliothèques externes, en particulier pour ce qui est des mécanismes de logique floue. On se reportera à celles indiquées dans le cours.

Interface graphique

Pour ceux qui auront choisi de développer en C++, l'implémentation de l'interface graphique pourra être réalisée avec la bibliothèque SFML (*Simple Free and Multimedia Library*) disponible à l'adresse : <https://www.sfm1-dev.org/>, ou encore avec SDL2 ou Qt. De même, si vous avez choisi le langage Java alors votre implémentation pourra se faire à l'aide de JavaFX ou d'un équivalent.

3 Livrable

Le projet sera développé en créant un dépôt privé sur le serveur GitLab de l'ENSICAEN³ auquel vous inscrirez votre enseignant.

3. Serveur accessible à l'adresse : <https://gitlab.ecole.ensicaen.fr>

L'arborescence du projet comportera au minimum :

- un rapport au format PDF placé dans le dossier **doc** et dans lequel vous détaillerez vos choix de conception, les difficultés rencontrées et comment elles ont été résolues — vous indiquerez notamment les aides extérieures dont vous avez bénéficié (sites, personnes, etc.), ainsi que les informations ou le code que vous avez intégrés au vôtre ;
- un fichier **README.md** présent à la racine, et décrivant succinctement le projet ainsi que les commandes à effectuer pour installer et exécuter le programme ;
- le fichier **Makefile** (ou son équivalent) permettant de construire automatiquement le programme ;
- les dossiers comportant les différents fichiers sources.

L'originalité de votre travail sera analysée par rapport aux autres projets rendus. La qualité structurale et la lisibilité du code, ainsi que les fonctionnalités de votre simulateur et les stratégies choisies par vos robots pour survivre permettront de classer et de noter votre projet.

4 Calendrier

La version définitive de votre projet est à rendre pour le dimanche suivant la dernière séance de TP à 23h55 au plus tard. Le projet sera récupéré directement sur votre dépôt et vous n'avez donc pas d'action particulière à effectuer pour le rendre, mais vous devez vous assurer que les fichiers requis sont bien présents dans la branche *master*⁴. Les groupes dont le projet ne pourra pas être récupéré correctement seront sanctionnés.

4. ... et que je suis bien inscrit avec les droits suffisants pour les télécharger...