

## TP 3 - PROGRAMMATION ROBOTIQUE - INFO2

YANN CHEVALEYRE & PIERRE BOUDES

La dernière fois, vous avez traité le problème de la **planification** (c'est à dire la recherche de trajectoire). On supposait qu'on connaissait la position des obstacles.

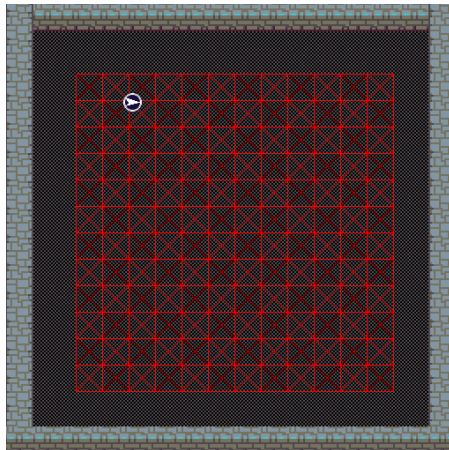
Aujourd'hui, nous levons cette hypothèse, et le robot devra explorer de lui-même son environnement pour recréer le plan. C'est la phase de **mapping**. Dès lors que le plan est suffisamment bien connu, on pourra faire de la planification comme au TP précédent.

On cherchera donc à obtenir le même type graphe qu'au TP précédent, mais uniquement à l'aide du télémètre du robot. Vous n'aurez donc pas le droit d'appeler la fonction `obstacle_coords`, qui supposait de connaître le plan.

Donc la première chose à faire pour vous sera celle-ci:

- créez un graphe  $G$  couvrant le terrain (à l'aide de l'une des fonction développées au TP précédent). Comme pour le TP précédent, vous choisirez un espacement de 30 pixels entre chaque noeud.

Vous devriez obtenir ceci:



Dans la suite du TP, le robot devra parcourir ce graphe  $G$  en prenant des mesures, et éliminer une par une les arêtes du graphe encombrées d'obstacles. A la fin, on devrait obtenir un graphe permettant au robot de se déplacer d'un bout à l'autre du territoire sans rencontrer d'obstacle.

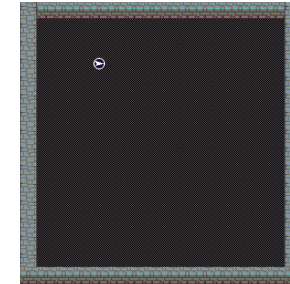
### 1. INTRODUCTION

Tout d'abord, un rappel d'une partie des commandes disponibles:

# Commandes de navigation

```
avance, obstacle, oriente, tournegauche, tournedroite
# Capteurs et relevés
telemetre, telemetre_coords, position, obstacle_coords
# Dessin
line, circle, efface
```

Le robot circulera sur une carte dont les obstacles sont invisibles. Seuls les murs d'enceinte sont visibles. La voici:



Pour la charger en Python, votre code devra commencer ainsi:

```
from robosim import *
init('robot_obstacles_invisibles')
```

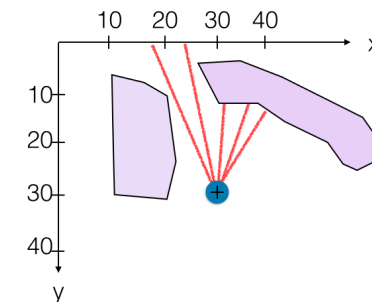
Les obstacles n'apparaissent pas, ils sont invisibles, mais ils sont bien là !!!

- Pour vous en convaincre, commandez au robot de traverser le territoire en diagonale (vers le coin en bas à gauche).

### 2. EVALUER LES ARÊTES PROCHES

Dans cette partie, le robot devra estimer si les 8 arêtes qui entourent sa position peuvent être parcourues ou non.

Supposons que le robot soit aux coordonnées (30,30), et qu'il veuille tester si l'arête menant au noeud (30,20) est parcourable. Dans ce cas, le robot devra utiliser son télémètre avec un certain angle pour vérifier s'il peut avancer (voir dessin ci-dessous).



- Orientez votre robot vers le Nord. Ecrivez une fonction `testArete(G)` qui renvoie True si le robot peut se déplacer le long de l'arête qui lui fait face,

sans rencontrer d'obstacle. Attention, il ne faut pas lancer seulement un rayon, mais plusieurs comme dans la figure.

- Ecrire une fonction `effaceLesAretesBloquees(G)`. Dans cette fonction, le robot doit tourner sur lui-meme, faire des mesures de télémètre et en déduire pour chacune des 8 arêtes qui l'entoure si le robot peut traverser cette arête ou s'il rencontrera un obstacle. Il devra enlever de  $G$  les arêtes qu'il ne peut pas parcourir.

Ces deux fonctions sont très importantes. Pour être certain qu'elles fonctionnent bien, vous pourriez les valider sur le terrain du TP précédent où les obstacles étaient visibles (ce terrain peut être chargé avec `init('robot_obstacles')`), en positionnant le robot près d'un obstacle et en vérifiant que les arêtes y menant sont bien détruites.

### 3. EXPLORER LE GRAPHE

**Définition 1.** On dira qu'un noeud est *connu* si et seulement si `effaceLesAretesBloquees(G)` a été lancé dessus. Dans la suite du TP,  $K$  désignera l'ensemble des noeuds connus.

Si le robot est sur un noeud connu (autrement dit si  $position() \in K$ ), alors il peut emprunter chacune des arêtes connectées au noeud sans risque immédiat de heurter un obstacle.

**Algorithme Principal.** On suppose que le graphe  $G$  couvrant l'ensemble du territoire est déjà construit. On suppose aussi que le robot est positionné sur un noeud de  $G$ . Si ce n'est pas le cas, utilisez la fonction `teleporte(x,y)` pour bien repositionner le robot.

Voilà l'algorithme principal, qui ne s'arrête que quand tous les noeuds sont connus:

**Fonction Main()**

- (1)  $K \leftarrow \{\}$
- (2) Tant que  $K \neq G.nodes()$  faire
  - (a) si  $position() \notin K$  faire
    - (i) Lancer `effaceLesAretesBloquees(G)`
    - (ii)  $K \leftarrow K \cup \{position()\}$
  - (b) `explorer(G.nodes() \setminus K)`

Attention: la fonction `position` renvoie un couple de flottants (par exemple  $(80.3, 50.7)$ ). Il faut les convertir en entiers avant de tester s'ils apparaissent dans  $K$ .

La fonction `explorer` reste à définir. Elle prend en paramètre l'ensemble des noeuds inconnus.

Elle doit choisir une arête ou un chemin à parcourir parmi ceux que le robot peut emprunter. Nous proposons plusieurs méthodes. La première est une exploration aléatoire:

**Fonction explorer\_random()**

- (1) Choisir une arête au hasard partant de la position courante
- (2) Traverser cette arête
  - Implémentez l'algorithme principale et la fonction `explorer_random()`
  - Testez votre code

### 4. STRATÉGIES D'EXPLORATION EFFICACE

Ici, le robot cherchera à sortir le plus vite possible de  $K$ , afin d'explorer le plus de noeuds inconnus possible.

**Fonction exploration\_pluscourtchemin()**

- (1) **Pour** chaque noeud inconnu  $(i, j) \in G.nodes() \setminus K$  **faire**
  - (a) calculer le plus court chemin du robot jusqu'à  $(i, j)$
- (2) Parmi tous ces noeuds inconnus, sélectionner le noeud inconnu  $(i^*, j^*)$  le plus proche du robot
- (3) se diriger vers ce noeud  $(i^*, j^*)$  et stopper dès que le robot atteint un noeud hors de  $K$

### 5. BONUS: EXPLORATION AMÉLIORÉE

Dans l'appel à la fonction d'exploration `explorer`, il n'est pas nécessaire de passer en paramètre l'ensemble des noeuds inconnus. Seuls les noeuds frontières comptent.

**Définition 2.** On dira qu'un noeud est *frontière* si et seulement si il n'est pas connu, mais il est connecté par une arête à un noeud connu. Dans la suite du TP,  $F$  désignera l'ensemble des noeuds frontières.

Quand le robot sort de la zone connue, le (ou les) premier(s) noeud(s) qu'il visite sont des noeuds frontières.

**Algorithme Principal d'Exploration Amélioré.**

- (1) Construire le graphe  $G$  couvrant l'ensemble du territoire.
- (2) On suppose que le robot est au début sur un noeud de  $G$ . Donc  $position() \in G.nodes()$
- (3)  $K \leftarrow \{\}$ ,  $F \leftarrow \{\}$
- (4) Tant que  $K \neq G.nodes()$  faire
  - (a) si  $position() \notin K$  faire
    - (i) Lancer `effaceLesAretesBloquees(G)`
    - (ii)  $K \leftarrow K \cup \{position()\}$
    - (iii) Soit  $V \leftarrow \text{noeuds voisins de } position()$
    - (iv)  $F \leftarrow F \cup (V \setminus K)$
  - (b) `explorer(F)`