Challenge **Domaine IS** : Robotique

Jacques BOONAERT-LEPERS

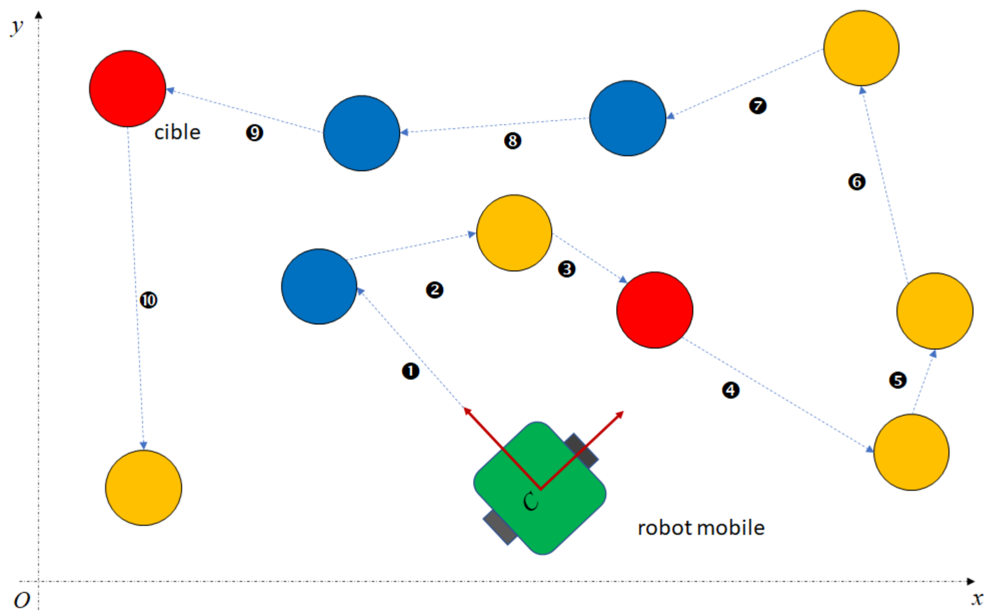
année scolaire 2022- 2023

1 Objectifs du challenge

L'objectif du challenge qui vous est proposé ici consiste à planifier les déplacements d'un robot mobile opérant dans un plan, de sorte à ce que celui-ci réalise une collecte de valeur maximale tout en étant assujetti à des contraintes de temps et de ressource. Dans le détail, votre robot doit se rapprocher de différents cylindre, répartis alétoirement sur son espace d'évolution. Chaque cylindre est porteur d'une **récompense** qui est récupérée lorsque le robot se rapproche suffisamment près de celui-ci. Lorsque cette condition est réalisée, il se passe alors trois choses :

- Le robot se trouve "crédité" de la valeur associée au cylindre.
- La nouvelle valeur du cylindre ainsi "collecté" tombe à zéro (de sorte à éviter qu'on se contente de collecter toujours le même...).
- La *masse embarquée* par le robot se voit augmentée de celle du cylindre.

La figure ci-dessous représente le type de parcours qu'on souhaite réaliser :



2 Eléments de formalisation du problème

L'environnement de simulation comporte N cylindres. On note C_i le cylindre d'indice i. Celui-ci se situe en (x_i, y_i) et présente un rayon R_i. Il est porteur d'une *récompense* r_i d'une masse m_i. Soit L l'ensemble des indices des cylindres que le robot a "collecté". Le robot est alors détenteur d'une récompense globale :

$$\rho = \sum_{k \in L} r_k \tag{1}$$

et transporte une masse embarquée :

$$\mu = \sum_{k \in L} m_k \tag{2}$$

Lorsque le robot se déplace d'un cylindre vers l'autre, sa vitesse de déplacement est limitée suivant la loi :

$$V_{max} = V_0 \cdot \left(1 - e^{-a \cdot \mu}\right) \tag{3}$$

La constante a étant un des paramètres de simulation (en d'autres termes: plus le robot est chargé, moins il peut aller vite...). Par ailleurs, la consommation énergétique du robot par unité de distance parcourue est elle-même liée à la masse embarquée suivant la relation :

$$q = b \cdot \mu + b_0 \tag{4}$$

avec b en $l \cdot m^{-1} \cdot kg^{-1}$ et b_0 en $l \cdot m^{-1}$, deux autrs paramètres de simulation. Le robot dispose d'une quantité de carburant limitée Q_{max}. Lorsqu'il n'a plus de carburant, le robot doit s'arrêter (dans la mesure où il serait utile de le préciser...). Il dispose d'une durée maximale T_{max} pour se déplacer. Passé ce délai, les collectes ne sont plus comptabilisées. Le défi peut alors s'énoncer de la manière suivante :
Planifier et simuler les mouvements du robot de sorte à ce qui celui-ci réalise la collecte de valeur maximale pendant la durée impartie.

Pour réaliser la planification des déplacements du robot, on pourra utiliser des résultats de recherche opérationnelle, en particulier issus de la théorie des graphes. Par exemple :

- chaque cylindre peut se voir comme le sommet d'un graphe.
- Deux sommets i et j (donc *cylindres* i et j) sont "connexes" par l'intermédiaire de l'arc $a_{i,j}$ s'il est possible pour le robot de joindre leurs centres sans traverser un autre cylindre (en *Robotique Mobile* cela revient à construire le *graphe de visibilité* associé à l'environnement).
- A chaque arc, on peut associer un "coût" de traversée $c_{i,j}$ prenant en compte la longueur du déplacement que doit réaliser le robot associé à sa charge embarquée. Ici, cela revient à tenir compte d'une part de la consommation de carburant que ce déplacement va engendrer et d'autre part du temps que ce déplacement va prendre. Le coût en carburant serait ainsi :

$$c_{i,j}^{carb} = q \cdot \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \tag{5}$$

tandis que le "coût en temps" (en d'autres termes : la durée de parcours...) sera donnée par :

$$T_{i,j} = \frac{\sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}}{V_{max}} \tag{6}$$

Le coût $c_{i,j}$ pourra donc résulter de la combinaison de ces deux éléments. Une combinaison linéaire donnerait par exemple :

$$c_{i,j} = \alpha \cdot c_{i,j}^{carb} + \beta \cdot T_{i,j} \tag{7}$$

où α et β sont deux constantes positives à ajuster.

Muni de cette paramétrisation, ce problème peut aussi se traiter par l'intermédiaire d'une approche de type *"apprentissage par renforcement"* La figure ci-dessous représente le graphe qu'il est ainsi possible de réaliser. La position initiale du robot sert à construire les premiers arcs (leur valuation est notée sous la forme $C_{R,.}$) :