

# Sujet de Master 2 Recherche : Systèmes Dynamiques et Signaux

2021 – 2022

Encadrement : S. Lagrange, [sebastien.lagrange@univ-angers.fr](mailto:sebastien.lagrange@univ-angers.fr) + Remy Guyonneau, [remy.guyonneau@univ-angers.fr](mailto:remy.guyonneau@univ-angers.fr) + Nicolas Delanoue [nicolas.delanoue@univ-angers.fr](mailto:nicolas.delanoue@univ-angers.fr)

Titre :

Localisation d'un robot dans un environnement à partir de mesure de distance.

Réalisation d'un contracteur optimal de type « triangle »

Mots Clés : Robotique, Localisation, Analyse par intervalles.

Laboratoire : LARIS

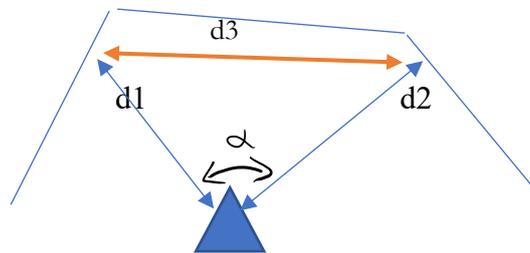
Description du sujet :

L'objectif de ce travail est de s'intéresser à la localisation d'un robot mobile se déplaçant dans un environnement connu.

Contexte :

Le robot dispose d'un capteur de type Lidar permettant de mesurer la distance qui le sépare d'un obstacle dans une direction. La carte de l'environnement est donnée sous la forme d'une grille d'occupation.

Voir le schéma ci-dessous.



On note  $(x,y,\theta)$  la position et l'orientation (appelés posture) du robot (symbolisé par le triangle bleu). Les distances  $d1$  et  $d2$  sont mesurées par le capteur Lidar du robot. L'angle  $\alpha$  entre les 2 mesures est également connu.

A partir des distances  $d1$  et  $d2$  et de l'angle  $\alpha$ , on peut en déduire la distance  $d3$  en orange (voir les formules d'al kashi). On définit ainsi un triangle de sommets : la position du robot ; l'obstacle 1 et l'obstacle 2.

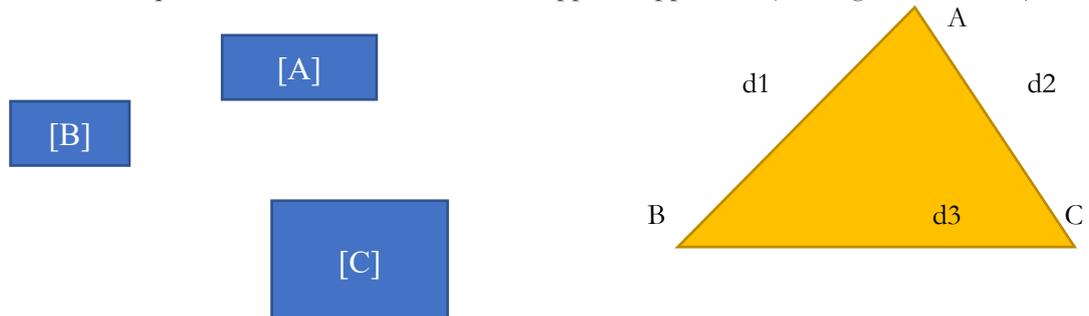
Problème de localisation :

On s'intéresse au problème de localisation du robot. On se placera dans un contexte à erreurs bornées, ainsi, la posture inconnue du robot  $(x,y,\theta)$  sera supposée appartenir à un ensemble  $([x],[y],[\theta])$ . Aussi, les mesures des distance  $d_i$  sont des intervalles  $[d_i]$  afin de prendre en compte les incertitudes sur les capteurs. Le problème de localisation consiste à contracter (réduire) l'ensemble des postures possibles  $([x],[y],[\theta])$  à partir de la carte de l'environnement et des mesures  $[d_i]$ .

Le but est de développer un contracteur (algorithme) capable de réduire les domaines d'appartenances des variables  $([x],[y],[\theta])$  en étant consistant avec les mesures  $[d_i]$ .

D'un point de vu géométrique le problème est le suivant :

Considérons un triangle ABC dont les longueurs des 3 cotés sont connues  $d1$ ,  $d2$  et  $d3$  (en orange) et soient  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  les domaines dans lesquels les sommets A, B et C sont supposés appartenir (voir Figure ci-dessous) :



Il s'agit de construire un algorithme (contracteur) qui réduit les ensembles  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  à partir des données  $d_i$  de longueur.

Les travaux de recherche actuels considèrent des contracteurs de distance. Il s'agit de contracteurs locaux dont le rôle est de réduire les ensembles  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  deux à deux ; c'est-à-dire qu'ils considèrent les mesures de distance l'une après l'autre. Dans un premier temps, on utilise un contracteur sur les ensembles  $[A]$ ,  $[B]$  en considérant uniquement la distance  $d_1$ , puis  $[A]$  et  $[C]$  en considérant la distance  $d_2$  et enfin idem pour  $d_3$ . Ce processus de 3 contractions consécutives est itéré jusqu'à ce que les domaines  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  ne puissent plus être réduits. Cette méthode n'est pas optimale, c'est-à-dire qu'elle ne conduit pas aux plus petits ensembles  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$ .

Dans le cadre de ce master SDS, le travail de recherche consiste à construire un contracteur global qui contracte, de façon optimale, les domaines  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  en considérant la contrainte  $ABC$  est un triangle de cotés donnés.

L'exemple ci-dessous illustre le fait que l'utilisation de contracteurs de distance 2 à 2 conduits à une contraction non optimale des sommets  $A$ ,  $B$  et  $C$ .

Sur la Figure 1, on peut voir que les ensembles  $[A]$  et  $[B]$  sont compatibles avec la distance  $d_1$ .  
 Sur la Figure 2, on peut voir que les ensembles  $[A]$  et  $[C]$  sont compatibles avec la distance  $d_2$ .  
 Sur la Figure 3, on peut voir que les ensembles  $[B]$  et  $[C]$  sont compatibles avec la distance  $d_3$ .  
 (Note : sur les 3 figures, il s'agit du même triangle  $ABC$  et des mêmes domaines  $[A][B][C]$ )

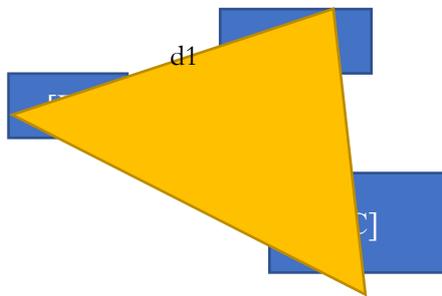


Fig 1

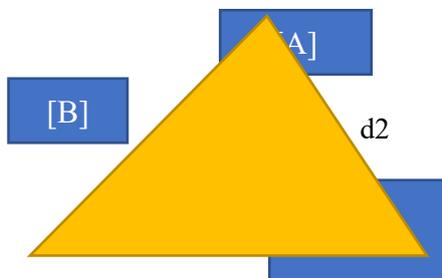


Fig 2

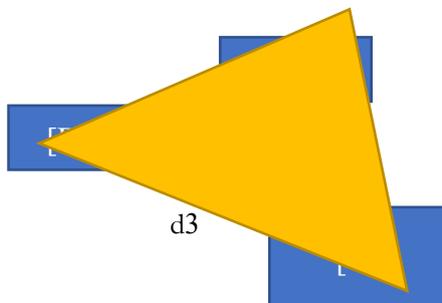


Fig 3

Ainsi, sur ces 3 figures, on constate que les ensembles  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  sont compatibles 2 à 2 avec les mesures des côtés du triangle.

Cependant, si on s'intéresse au contracteur global «  $ABC$  est un triangle », les 3 domaines  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[C]$  ne sont pas compatibles avec le triangle (c'est-à-dire avec les 3 distances en même temps [ie non prises 2 à 2]). En effet, sur chacune des figures (1, 2 et 3), on peut voir que, même si la distance  $d_i$  est bien compatible avec les 2

domaines qui la concerne, le sommet opposé n'est jamais compatible avec le 3eme domaine.

En effet, par exemple, sur la figure 1, la distance  $d_1$  est compatible avec les 2 domaines [A] et [B] cependant, quelle que soit la façon dont on place le triangle orange en positionnant le point A dans [A] et le point B dans [B], on obtient une position du point C en dehors du domaine [C]. L'ensemble solution pour les 3 sommets est donc l'ensemble vide !

En conclusion, alors qu'un contracteur global conduit à l'incompatibilité des 3 domaines [A], [B] et [C] vis-à-vis du triangle donné, l'utilisation de 3 contracteurs de distance locaux conduisent un des « cohérence » des 3 domaines [A], [B] et [C].

Le premier objectif de ce travail de master est de développer un contracteur globale « triangle » et dans un second temps, d'illustrer son intérêt dans des problèmes de localisation en robotique mobile.