

PSE n° 20 :

Mouvement collectifs de robots

Matériel et Méthodes

2021/2022

REBIERE Alexandre, ROL Léo, FABRE Henri

Matériel et Méthodes

A) Acquisition vidéo et matériel d'étude

Objectif : Réaliser un dispositif pour filmer le mouvement des robots et pouvoir effectuer du traitement d'image sur les vidéos obtenues. Contraintes : contraste suffisant pour bien repérer le contour des robots et de l'enceinte, framerate suffisant pour ne pas avoir d'image floues.

Matériel :

- 50 robots hexbugs nano
- Camera High-Resolution USB 3.0 CMOS (Thorlabs)
- Ruban plastique polypropylène de dimension 60x4 cm (enceinte souple)
- Profilés Norcan aluminium 1,5m (x8) et 2m (x4)
- Spray Blanc et peinture noir
- Draps noir
- Panneaux LEDs 1,5mx0,3m
- Ordinateur avec logiciel d'acquisition Pylon Viewer 6.3.0

Manipulations :

- Peinture des robots : Application de plusieurs couche de spray blanc jusqu'à obtention d'une coloration uniforme sur les 50 robots et application d'une pointe noir sur l'avant de chaque robot. La différenciation et la détection des robots est ainsi facilitée.

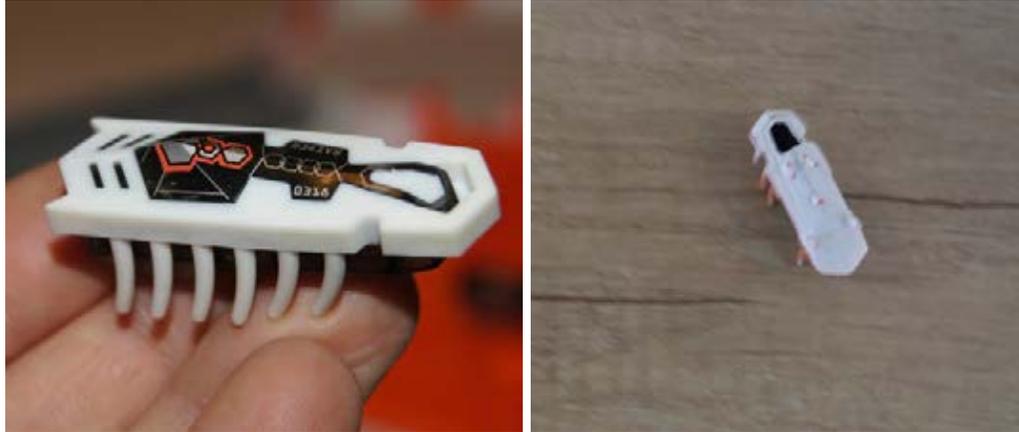


Figure 1 : (à gauche) hexbug original, (à droite) hexbug peint pour faciliter la détection

- Cage d'acquisition : Structure en Norcan (1,5mx1,5mx2m) pour contenir les robots, supporter la caméra et contrôler la luminosité grâce aux panneaux de LEDs et aux draps noirs. L'objectif est d'avoir un éclairage uniforme et qui ne projettent pas d'ombres

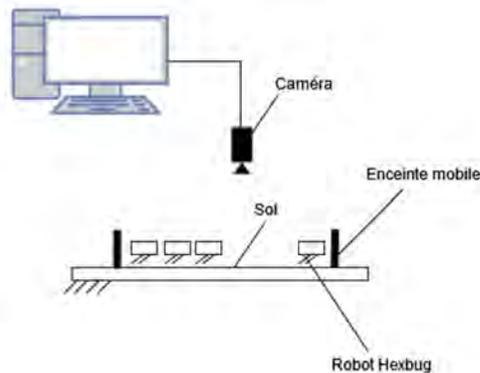


Figure 2 : Schéma du montage expérimental

- Réglage de la caméra : Mise au point sur les robots, framerate de 25 fps, prise de vue en séquence d'image noir et blanc, contraste et luminosité de sorte à bien distinguer la tâche noir sur les robots du fond (sol du laboratoire)

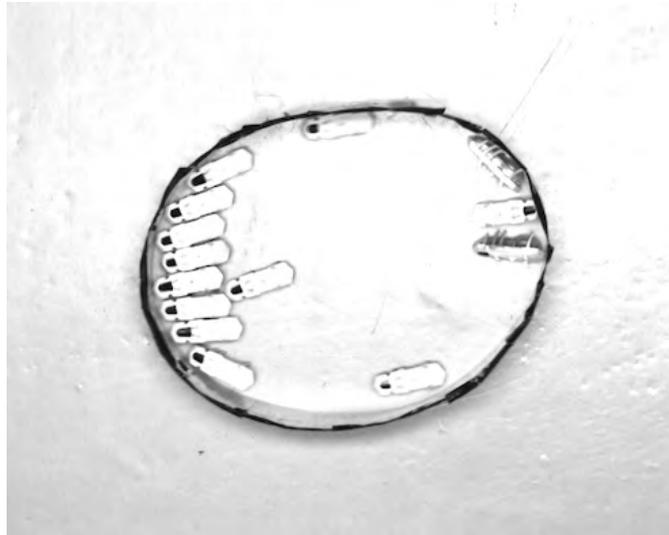


Figure 3 : Photo illustrant nos réglages de caméra

B) Caractérisation des déplacements d'un robot

Objectif : Identifier la vitesse moyenne, la trajectoire et observer les biais de déplacement d'un robot.

Matériel :

- un hexbug nano
- Montage d'acquisition décrit précédemment
- Fiji/ImageJ
- Matlab

Manipulations :

- Placer le robot seul dans la cage d'acquisition et filmer son déplacement pendant 20 secondes ou jusqu'à ce qu'il rencontre un mur. Répéter l'acquisition au moins 5 fois avant de traiter les données sous Matlab (*cf Annexe 1 : robot_sans_enceinte.m*)
- Architecture du code du code d'analyse d'image : 1) Importer les images d'intérêt, 2) Recadrer la zone d'intérêt (sans défauts potentiels nuisant à l'analyse d'image), 3) Binariser les couleurs (seuil 22/255 B/W), 4) Lisser les impuretés, 5) Inverser les

couleurs, 6) Repérer via Matlab les coordonnées au cours du temps du barycentre du robot, 7) Tracer la trajectoire du robot sur Matlab

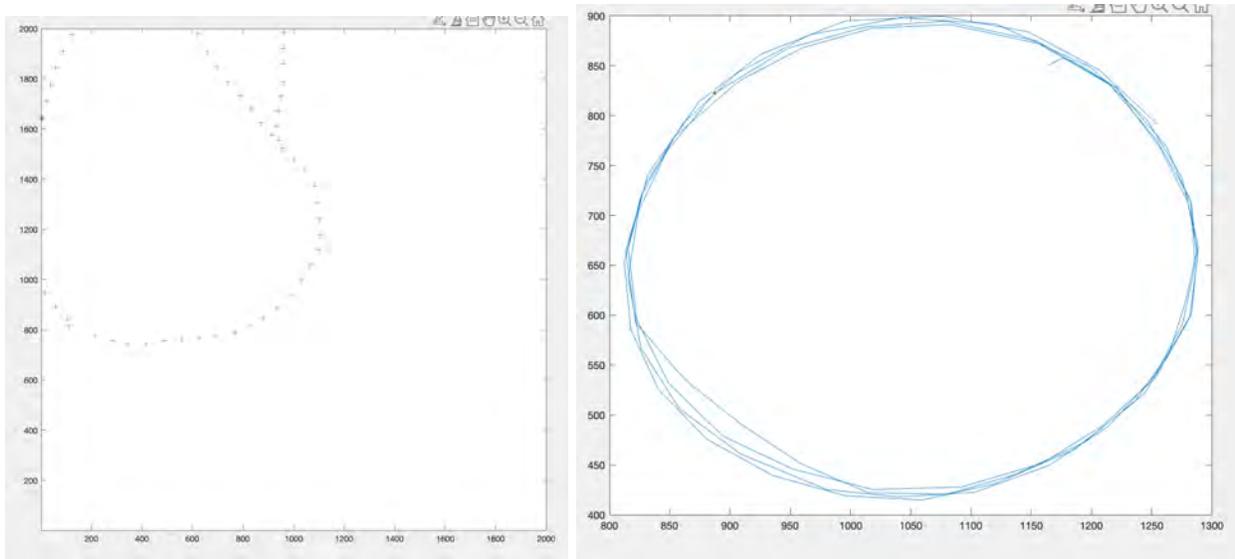


Figure 4 : Trajectoire d'un hexbug au cours du temps : (à gauche) laissé libre dans l'espace, (à droite) laissé libre dans l'enceinte souple

C) Mesure de l'impact de la densité de robots sur l'apparition de clusters : Procédure expérimentale

Objectif : Déterminer les densités de robots pour lesquelles se forment des mouvements collectifs

Matériel :

- 45 hexbugs nano
- Montage d'acquisition décrit précédemment

Manipulations :

Placer un nombre de robots variables dans le ruban en plastique au sein de l'enceinte métallique. Les robots doivent être placés de manière aléatoire pour ne pas tomber immédiatement dans une situation de "cluster", où les robots réalisent un mouvement collectif. Noter dans un premier temps à l'œil le temps à partir duquel le phénomène de clustering se réalise. Des critères informatiques plus sophistiqués seront employés dans la partie suivante. Répéter l'expérience pour chaque densité de robots afin d'effectuer des moyennes.

D) Mesure de l'impact de la densité de robots sur l'apparition de clusters : Analyse Informatique

Objectif : Caractériser les mouvements collectifs par différentes méthodes

Matériel :

- Séquences d'image
- Fiji ou ImageJ
- Matlab

Méthode 1 : Suivi individuel des robots, détection de clustering par diagramme de Voronoï (Annexe 2 : *cercle_voro.m*).

Utiliser la fonction "voronoi" de Matlab. Calcul des aires aux plus proches voisins de chaque robot, des petites aires signifiant une forte densité et les grandes une faible densité. Les aires des robots sur les bords sont infinies par cette fonction, méthode non adaptée pour une faible quantité d'entités (<500).

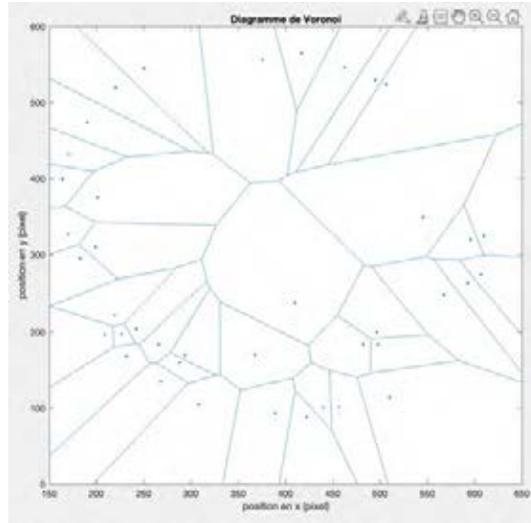


Figure 5 : Exemple de diagramme de Voronoï

Méthode 2 : Suivi individuel des robots, détection de clustering par triangulation de Delaunay (Annexe 3 : fonction delaunay.m)

Utiliser la fonction "delaunay" de Matlab. Calcul des distances aux plus proches voisins de chaque robot, des petites aires signifiant une forte densité et les grandes une faible densité. Les histogrammes des aires ne permettent pas de différencier les expériences, il faudrait pouvoir détecter les zones de forte densité.

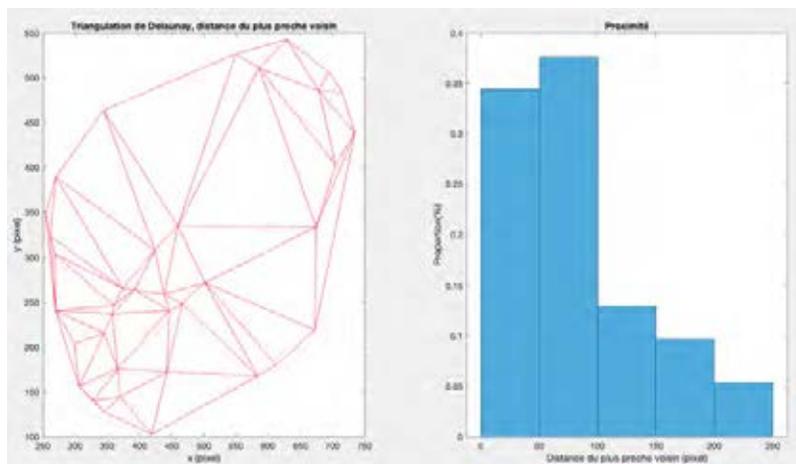


Figure 6 : Exemple de triangulation de delaunay et de l'histogramme des aires associé

Méthode 3 : Suivi individuel des robots, détection de clustering automatique par DBSCAN. (Annexe 4 : *clustering_plusieursimages.m*)

Détecter les groupes de robots et compter le nombre de robots impliqués dans ces groupes.

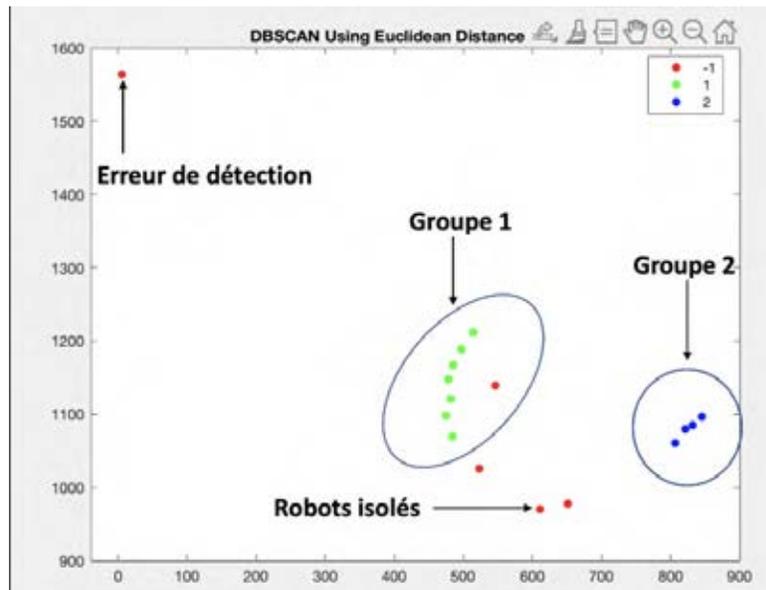


Figure 7 : Exemple de séparation des robots par la fonction DBSCAN

Méthode 4 : Mesure du rapport d'aspect de l'enceinte

Sur ImageJ mesurer les petits et grands axes de l'ellipse (bande souple sous l'action des robots) lorsqu'elle est déformée à son maximum. La détermination du plus grand rapport d'aspect indique un mouvement collectif de robot très polarisé.

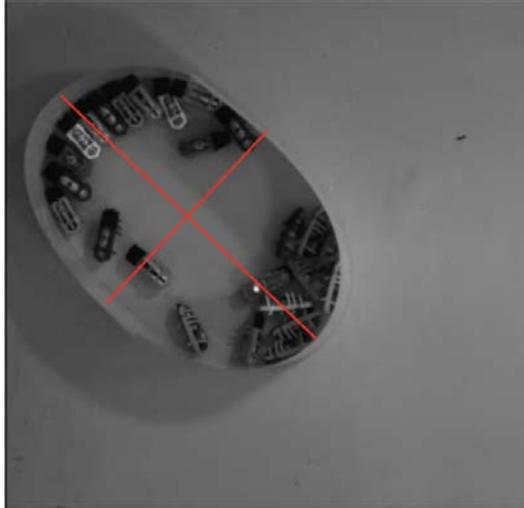


Figure 8 : Mesure du rapport d'aspect d'une enceinte soumise à des déformations

E) Dynamique de clustering

Objectif : Déterminer le temps que mettent les robots à induire un mouvement collectif. Distinguer les régimes pré et post clustering.

Matériel :

- Séquences d'image des expériences précédentes
- Fiji ou ImageJ
- Matlab
- Python

Méthode :

Tracer le pourcentage de robots impliqués dans des clusters au cours du temps. Tracer la trajectoire globale de l'enceinte. Tracer la vitesse globale de l'enceinte au cours du temps; distinguer les différents régimes et mesurer le temps de transition entre ces régimes.

(Annexe 5 : *traitement_donnees.m*)

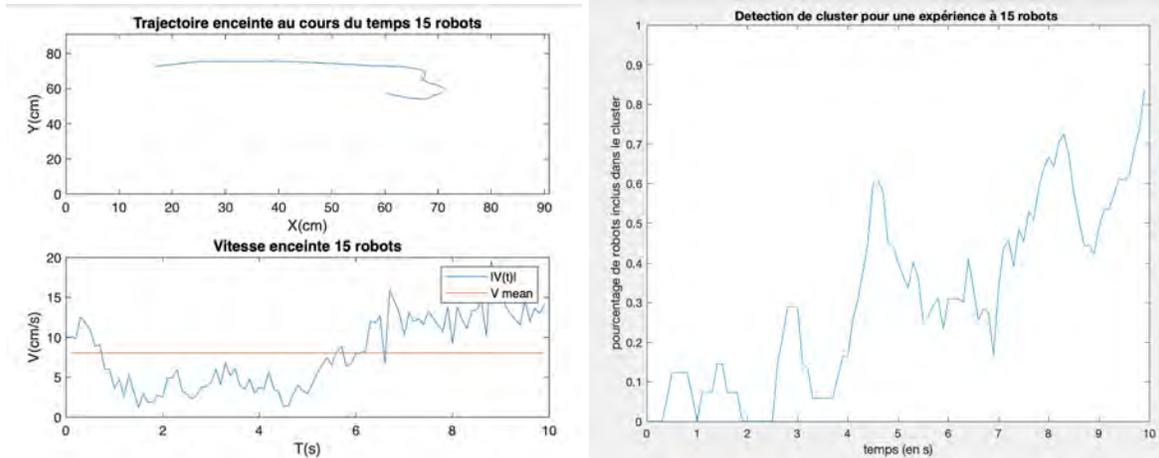


Figure 9 : Étude dynamique, exemple de figures permettant de caractériser des régimes

F) Confrontation à des obstacles

Objectif : Observer qualitativement l'interaction du groupe de robots avec des obstacles variés (entonnoirs, barres parallèles ...)

Matériel :

- 15 hexbugs nano
- 4 bouches en verre avec un couvercle sombre
- Profilés Norcan de longueurs variés
- Montage d'acquisition décrit précédemment

Manipulations :

- Placer les obstacles dans la configuration souhaitée au sein de la cage. On propose les configurations suivantes :
- Placer les 15 robots entourés du ruban plastique dans la cage et lancer l'acquisition pendant une durée de 30 sec ou jusqu'à ce que les robots franchissent l'ensemble d'obstacles.



Figure 10 : Exemple d'obstacles auquel l'enceinte de robots peut être soumise

G) Annexes

Ces annexes sont à retrouver dans le dossier partagé en pièce-jointe.

Annexe 1 : *robot_sans_enceinte.m*

Annexe 2 : *cercle_voro.m*.

Annexe 3 : *fonctiondelaunay.m*

Annexe 4 : *clustering_plusieursimages.m*

Annexe 5 : *traitement_donnees.m*