



RAPPORT DE MODAL

Comment faire suivre les murs à un drone

Juin 2015

Youssef ACHARI-BERRADA
Basile BRUNEAU



Introduction

Nous avons le choix dans ce MODAL entre trois robots : le TurtleBot, Nao et l'AR.Drone. Après avoir vu un aperçu des possibilités offertes par le TurtleBot et l'AR.Drone, notre choix s'est finalement porté sur ce dernier. Même s'il ne disposait pas de caméra de profondeur ou de détecteur de contact par exemple, la possibilité de voler nous semblait plus à même de lui trouver une application utile.

Nous avons en effet décidé d'essayer de lui faire surveiller des bâtiments. Concrètement nous souhaitions pouvoir le poser à côté du mur d'un bâtiment, qu'il détecte celui-ci et qu'il suive ensuite les murs pour en faire le tour. Grâce à sa caméra il serait ainsi possible de surveiller les alentours d'une construction, sans installation spécifique (pas de câble à tirer, de capteur à placer...).

Sommaire

1	Connexion au drone	3
2	Stratégie	3
3	Communication avec OpenCV	3
4	Expériences et obtention d'une courbe « pratique »	4
5	Régression polynomiale des données	4
6	Premiers essais et améliorations	5
7	Résultats et problèmes	7

1 Connexion au drone

Pour faire communiquer l'AR.Drone avec ROS, nous avons utilisé le driver ROS `ardrone_autonomy`. Nous l'avons installé depuis les packages Ubuntu, puis il faut ensuite exécuter la commande `roslaunch ardrone_autonomy ardrone_driver` pour que les différents topics proposés par le drone soient accessibles.

Deux topics nous intéressaient en particulier :

- `/ardrone/front/image_raw` : qui permet d'accéder au flux vidéo de la caméra frontale ;
- `/cmd_vel` : qui permet d'envoyer une instruction de direction à l'AR.Drone (au format `geometry_msgs::Twist`).

Nous avons également utilisé les topics `/ardrone/takeoff`, `/ardrone/land` et `/ardrone/reset` qui permettent respectivement de faire décoller, atterrir, et demander la réinitialisation du drone après un crash par exemple.

2 Stratégie

L'AR.Drone disposant de peu de capteurs (pas de GPS, pas de caméra de profondeur) le seul que nous pouvions utiliser pour réaliser ce projet est la caméra frontale. C'est uniquement à partir de cet unique flux vidéo que nous avons essayé de faire suivre les murs au drone.

L'objectif étant de déplacer le drone, c'est le mouvement ici qui nous intéresse. Nous avons donc décidé d'utiliser le flux optique pour obtenir le mouvement des points de l'image. Nous avons initialement repris l'algorithme `lkTracks` qui calcule uniquement le mouvement des coins détectés dans l'image (ce qui permet un traitement rapide, contrairement à un calcul du mouvement de tous les points de l'image). Comme nous le verrons plus tard, l'inconvénient est que les situation où aucun coin n'est détecté dans l'image ne sont pas rares.

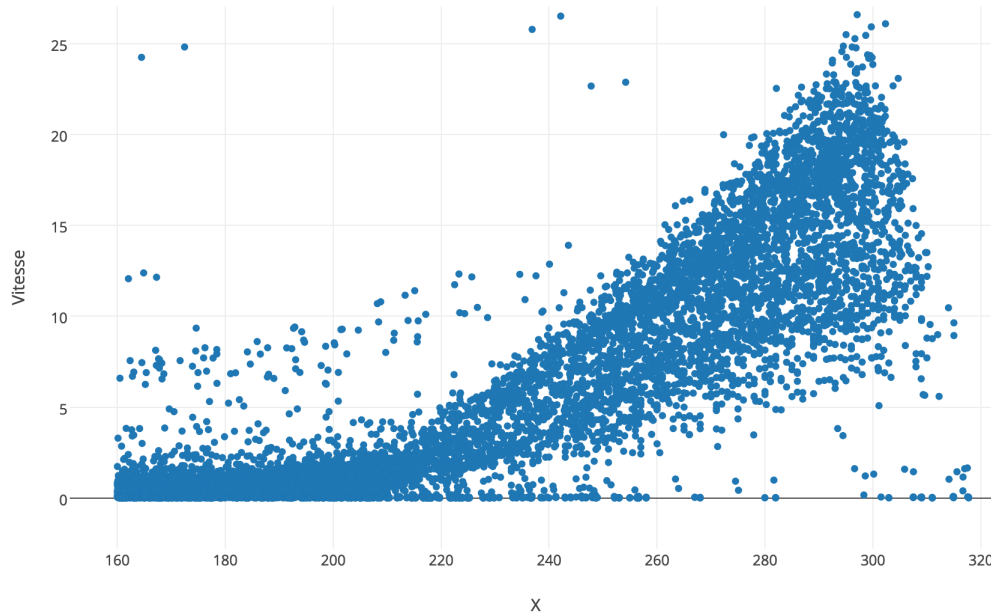
Ensuite l'observation importante est que lorsque le robot vole et avance en longeant un mur à sa droite (en regardant devant lui) alors les points de l'image les plus à droite ont une vitesse horizontale plus élevée que les points qui sont plus vers le centre de l'image. Et lorsque le drone avance à vitesse constante, le profil des vitesses horizontales doit probablement rester constant : les points à droite auront toujours la même vitesse, et ceux plus vers le centre également. Nous avons donc essayé de trouver ce profil des vitesses lorsque le drone longe un mur à une certaine vitesse, et ensuite en comparant la vitesse des points avec le profil théorique, nous allons essayer de corriger la trajectoire du robot.

3 Communication avec OpenCV

L'algorithme `lk_tracks` est disponible grâce à OpenCV (calcul du flot optique pour certains points), il nous fallait déjà faire parvenir les images du drone à OpenCV. Nous avons utilisé pour ça `CvBridge()` qui permet de convertir les données en objet géré par OpenCV2. Ensuite on utilise la méthode `imgmsg_to_cv2(data, "bgr8")` où `data` correspond aux données directement renvoyées par le topic `/ardrone/front/image_raw`.

```
def __init__(self):
    self.bridge = CvBridge()
    self.sub = rospy.Subscriber('/ardrone/front/image_raw', Image, self.callback)
def callback(self, data):
    try:
```

FIGURE 1 – Vitesse horizontale en fonction de la coordonnée horizontale



```
frame = self.bridge.imgmsg_to_cv2(data, "bgr8")
except CvBridgeError, e:
    print e
```

4 Expériences et obtention d'une courbe « pratique »

Nous avons donc posé l'AR.Drone sur un TurtleBot que nous avons fait progresser en ligne droite le long d'un mur. Puis nous avons enregistré toutes les vitesses des points détectés par la caméra du drone. Afin d'avoir un maximum d'informations, nous avons ajouté des coins nous même sur le mur. Nous avons répété l'expérience une dizaine de fois, ce qui nous a permis d'obtenir les vitesses d'environ 25 000 points.

Les résultats sont présentés sur la figure 1.

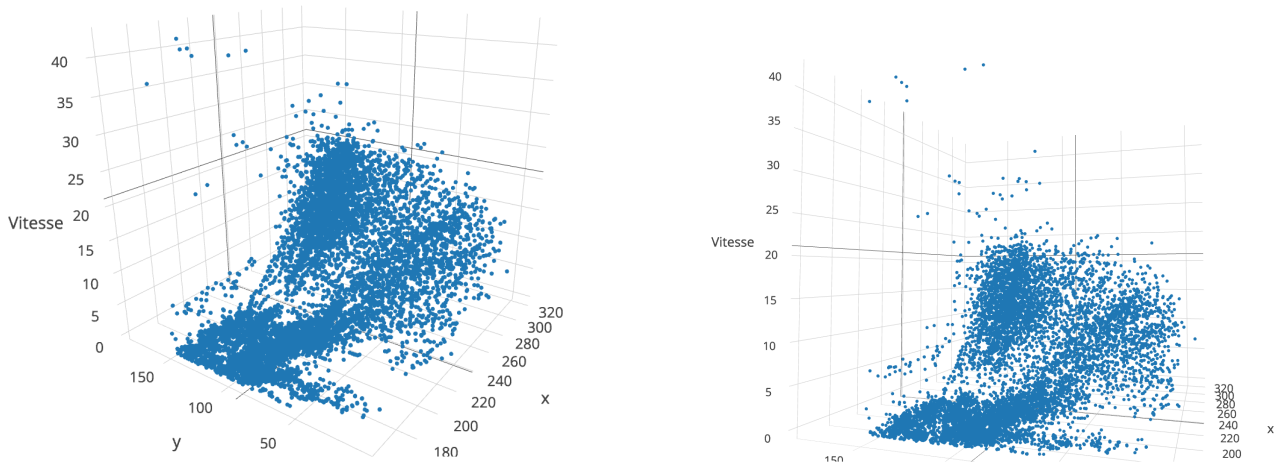
On voit déjà que la vitesse horizontale au centre de l'image est quasiment nulle et qu'elle augmente plus on va vers la droite, ce qui confirme bien notre idée initiale. Nous nous sommes ensuite demandés si la coordonnée verticale avait aussi une importance. Pour ça nous avons donc tracé la vitesse horizontale en fonction de x et y sur la figure 2 page suivante.

Il semble alors que la coordonnée y a une importance, les points en haut de l'image vont moins vite que ceux qui sont en bas.

5 Régression polynomiale des données

Afin de pouvoir comparer rapidement la vitesse réelle d'un point avec la vitesse théorique d'un point à la même position si le drone longeait à la bonne vitesse et à la bonne distance un mur, il nous faut obtenir une fonction qui à des coordonnées retourne la vitesse théorique. On ne peut pas

FIGURE 2 – Vitesse horizontale en fonction de x et y



consulter les 25 000 mesures et retourner la vitesse du point le plus proche dont on avait mesuré la vitesse.

Nous avons donc choisi d'effectuer une régression polynomiale pour obtenir l'équation d'une courbe « théorique ». Nous avons utilisé Scikit qui propose plusieurs outils pour calculer ce genre de chose.

Nous ne lui avons pas donné les 25 000 points, mais seulement quelques milliers. Nous avons de plus écarté quatre de nos treize expériences, qui nous paraissaient faussées (où le TurtleBot avait beaucoup dévié de sa trajectoire, normalement rectiligne).

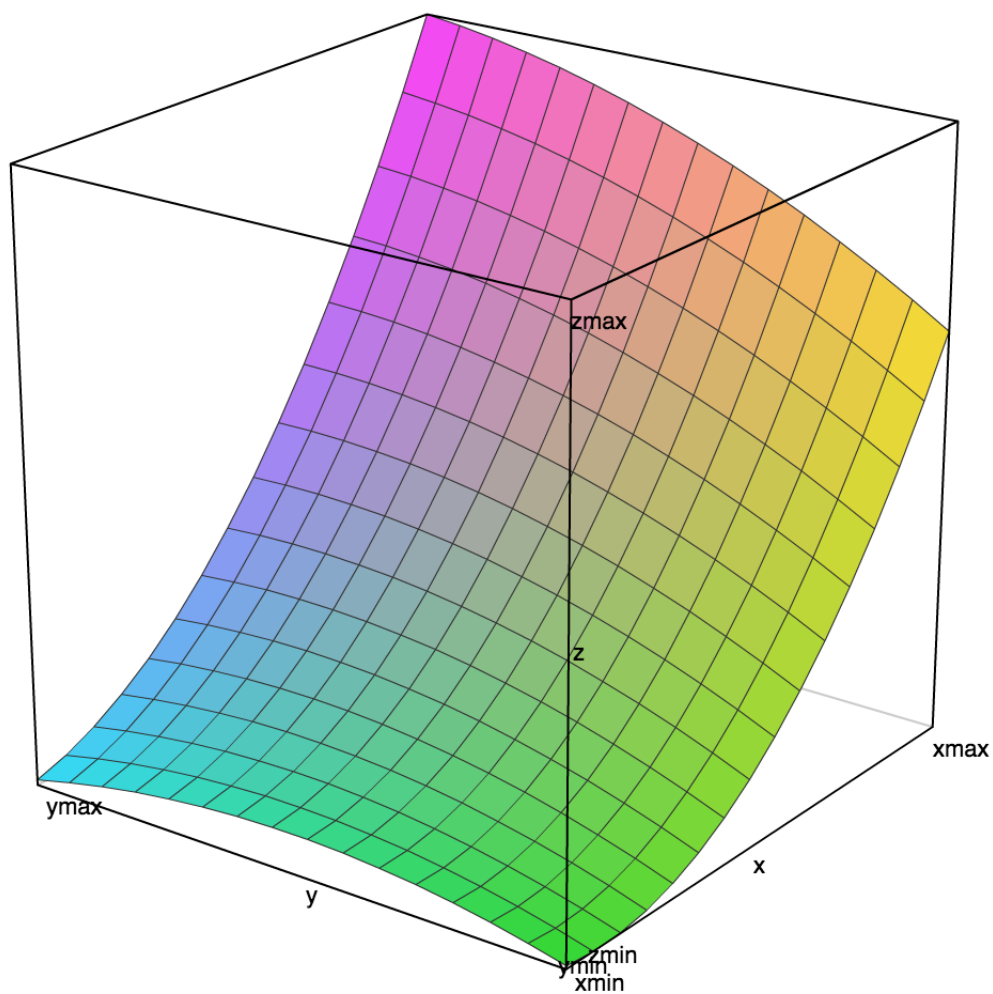
```
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.pipeline import Pipeline
model = Pipeline([('poly', PolynomialFeatures(degree=4)),
                  ('linear', LinearRegression(fit_intercept=False))])
x = [[247.02, 99.29], [286.24, 126.29], ... ]
y = [ ... ]
z = [ ... ]
model = model.fit(x, z)
print model.named_steps['linear'].coef_
# z = 2.28127677e+01 -2.72574113e-01*x -1.49826090e-02*y +7.83386484e-04*x^2
#      +3.24478877e-04*x*y -2.27923981e-04*y^2
```

Finalement voici la courbe que nous avons obtenue, figure 3 page suivante, en demandant un polynôme de degré 2.

6 Premiers essais et améliorations

Le principal soucis avec cet algorithme est que très souvent le drone ne mesurait la vitesse d'aucun point. Il lui fallait absolument détecter des angles, et même en accrochant des éléments texturés ou en dessinant des coins sur le mur, à cause de la luminosité et du mauvais positionnement par rapport à la caméra du drone (le mur ne se situe pas en face mais complètement à sa droite) aucun angle n'était détecté. Nous avons donc envisagé plusieurs solutions :

FIGURE 3 – Surface obtenue par régression polynomiale



- Faire voler le drone en biais, de façon à ce qu'il voit mieux le mur. Cela posait cependant deux problèmes : il voyait moins ce qui se passe devant lui (si on souhaite par exemple surveiller l'environnement cela n'est pas souhaitable) et il nous fallait recommencer nos expériences ;
- Changer de stratégie et décider de tracer au sol une ligne qui longerait le mur, et utiliser la deuxième caméra du drone pour qu'il la suive. Mais avec un tel choix le drone serait alors moins autonome, et s'il volait trop haut il ne verrait plus cette ligne ;
- Calculer le flot optique pour tous les points de l'image et pas seulement les coins. Cela nécessite beaucoup plus de puissance de calcul, mais on peut espérer de meilleurs résultats. C'est la solution vers laquelle nous nous sommes tournés.

Nous avons donc utilisé l'algorithme `opt_flow` qui calcule la vitesse de tous les points de l'image. Cependant il est vite apparu qu'il s'agissait d'un calcul beaucoup trop coûteux pour l'ordinateur portable Asus que nous avions, qui obtenait les résultats avec un retard de plusieurs secondes. Comme nous nous intéressions uniquement au tiers droit de l'image, nous avons rogné celle-ci, et comme ça n'était pas suffisant, nous avons divisé la résolution par quatre. Cette fois le calcul était effectué en temps réel.

Cela demandait cependant une légère adaptation du code, car nous avions donc une fonction qui à des coordonnées retourne une vitesse théorique, mais après le redimensionnement de l'image, les coordonnées sont faussées. Il faut donc calculer les coordonnées initiales du pixel, avant le redimensionnement de l'image.

7 Résultats et problèmes

Lors de nos dernières tentatives, le drone avance en ligne droite, puis lors de l'arrivée à un coin, il détecte avec une seconde de retard que la vitesse des points a considérablement diminuée et se met alors à tourner. La correction de la trajectoire le long du mur est difficile à évaluer ; il est en tout cas apparu qu'il était très sensible aux creux (lors de la présence d'un renforcement pour une porte il veut en général s'y engouffrer).

Le dernier problème que nous rencontrons est que lorsqu'il entame sa rotation au niveau d'un coin, les vitesses observées sont alors en total décalage avec notre courbe théorique, ce qui résulte en une rotation infinie.

Une possibilité serait de le faire tourner un peu, d'arrêter à ce moment la la correction de la trajectoire, puis de le refaire avancer en ligne droite et de relancer la correction. Ainsi, peut-être que par petits morceaux il parviendrait à se resynchroniser sur le mur. Nous craignons cependant qu'une telle manœuvre le fasse trop avancer et finisse par trop l'écarter du mur. Il pourrait également être alors envisagé de le faire reculer, mais il est probable que le drone ne soit pas assez stable et précis pour qu'une telle correction fonctionne.

Conclusion

Désormais, nous avons quasiment à tout moment la vitesse instantanée d'un grand nombre de points, que nous pouvons comparer à la courbe théorique. Il reste à améliorer l'algorithme (avec une rétroaction notamment) afin d'obtenir le résultat souhaité.

Le travail n'a pas été facilité par des difficultés techniques (connexion au drone instable, sensibilité au vent en extérieur, difficulté de trouver un drone correctement fonctionnel, batterie assez faible) liées au drone, mais a été une bonne première expérience.

Nous avons maintenant une vision du mode de fonctionnement de la robotique sous l'œil informatique aujourd'hui, et des difficultés qui y sont liées. Et nous avons également eu un bon premier contact avec OpenCV, dont nous n'avons vu qu'une partie mais que nous ne connaissions pas et qui est une bibliothèque très puissante.