

Sorbonne Université
Master 2 SAR



Compte rendu TP2 RobotMobile

18 janvier 2024

Compte Rendu

Par

Zhichen LU 21117174

Yifeng YU 21113616

M2 SAR

1 Introduction

Ce TP porte sur la recherche approfondie et le développement de code pour l'estimation de l'attitude des drones multi-rotors à l'aide de Matlab-Simulink. Notre objectif est de concevoir des algorithmes complexes pour estimer avec précision et efficacité l'attitude du drone, ce qui est essentiel pour la performance et la sécurité du drone. Grâce à des simulations rigoureuses et à des tests approfondis, nous avons exploré divers aspects de la dynamique des drones, des capteurs et des systèmes de contrôle, ainsi que des méthodes d'estimation. Cet article détaille notre approche, de la conception initiale à la mise en œuvre réussie de l'algorithme d'estimation, en soulignant les défis que nous avons rencontrés et les solutions innovantes que nous avons apportées.

2 Synthèse d'un estimateur linéaire

Dans un premier temps l'estimateur en l'absence de biais de mesure et de bruits de mesure, pour le vol quasi-stationnaire. On profitera de cette validation préliminaire pour tester différents choix de gains de l'estimateur. $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2$, et $\hat{\theta}_3$

$$\begin{aligned}\dot{\hat{\theta}}_1 &= \omega_{m,1} - k_1 \left(\hat{\theta}_1 + \frac{a_{m,2}}{g} \right) \\ \dot{\hat{\theta}}_2 &= \omega_{m,2} - k_2 \left(\hat{\theta}_2 - \frac{a_{m,1}}{g} \right) \\ \dot{\hat{\theta}}_3 &= \omega_{m,3} - k \left(\hat{\theta}_3 + \left\langle \frac{\tilde{m}_m}{m_{I,1}}, e_2 \right\rangle \right)\end{aligned}$$

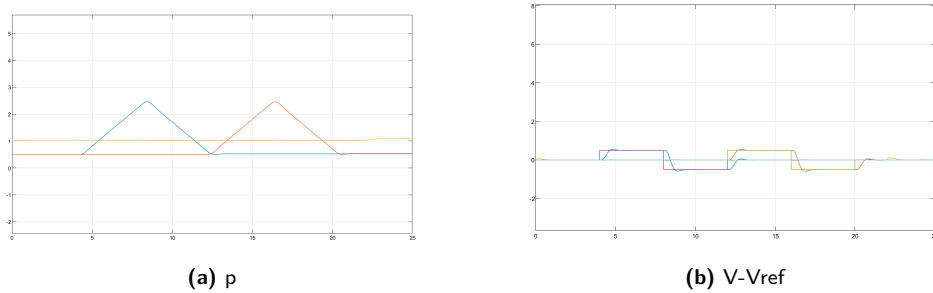


Figure 1 – GT - Quasi Stationnaire

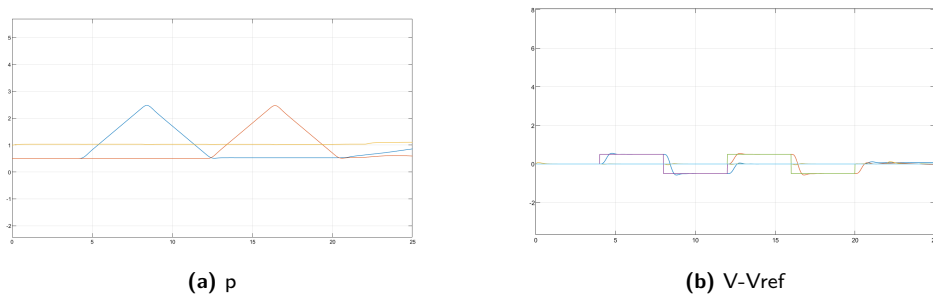


Figure 2 – Linear - EST - Quasi Stationnaire sans bruits

$$k_1 = k_2 = k_3 = 0.55, g = -9.8$$

1. Impact sur les estimations :

- (a) **Diminution de la précision** : le bruit fait dévier les relevés des capteurs de la valeur réelle, ce qui rend les estimations d'attitude basées sur ces relevés plus imprécises.

- (b) **Augmentation de l'incertitude de l'estimation** : le bruit augmente l'incertitude du processus d'estimation, ce qui rend difficile pour l'algorithme de déterminer quelles données sont exactes et quelles sont les erreurs causées par le bruit.

2. Impact sur le système d'asservissement :

- (a) **Diminution des performances de contrôle** : si les estimations sont inexactes, les informations reçues par le système de contrôle seront également inexactes, ce qui peut entraîner des commandes de contrôle inexactes ou inappropriées, affectant les performances de vol de l'UAV.
- (b) **Augmentation du temps de réponse** : le système de contrôle peut prendre plus de temps pour reconnaître et corriger les erreurs dues au bruit, ce qui peut entraîner des temps de réponse plus longs.

Après avoir passé en mode "contrôleur alimenté par l'estimation d'attitude", nous avons constaté que l'attitude du drone devenait très instable en 'anim', et que la trajectoire de vol présentait une grande erreur par rapport à la 'GT', et incapable de maintenir son altitude. Ceci est dû au fait que le bruit affecte les mesures des capteurs, qui à leur tour affectent l'estimation du système de contrôle, rendant les commandes de contrôle émises imprécises et faisant prendre plus de temps au système pour traiter l'information, ce qui conduit finalement à un contrôle imprécis et à des temps de réponse plus longs.

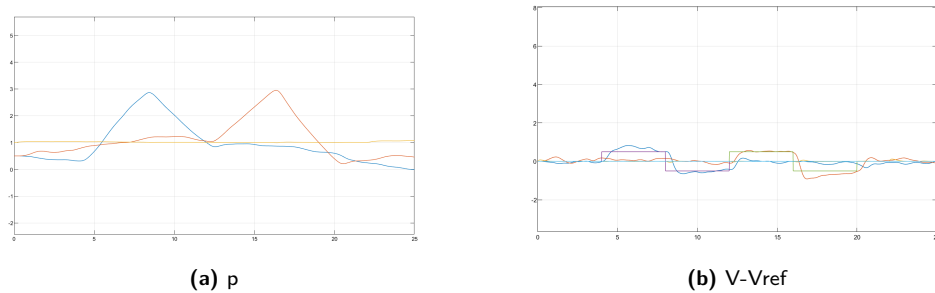


Figure 3 – Linear - EST - Quasi Stationnaire avec des bruits

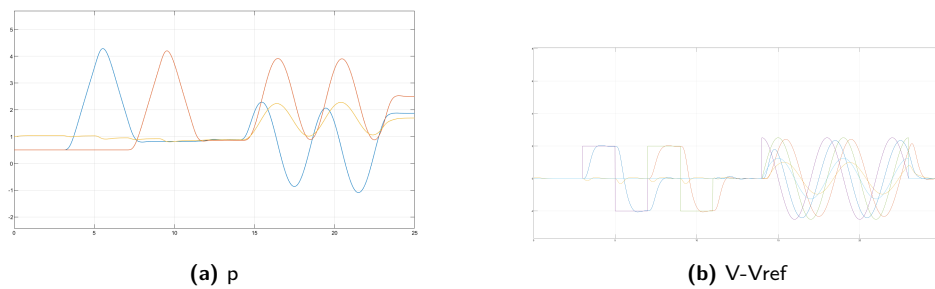


Figure 4 – GT - Non stationnaire

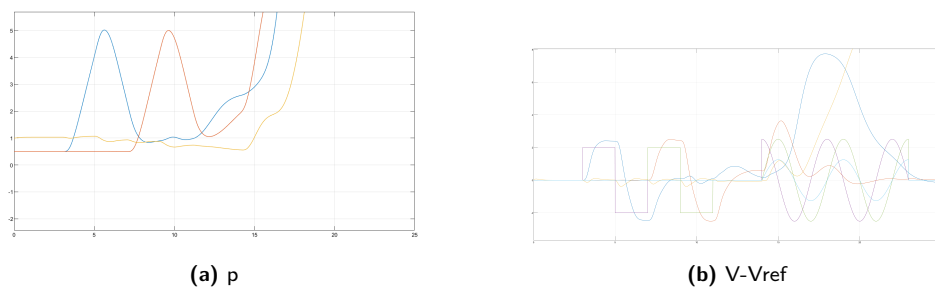


Figure 5 – Linear - EST - Non Stationnaire sans bruits

En mode de vol non stationnaire, l'UAV effectue des mouvements plus dynamiques, tels que l'accélération et le virage.

Pour le GT, cela signifie que les données de base seront plus variables et dynamiques, reflétant les mouvements réels de l'UAV. Le système de contrôle, quant à lui, doit réagir rapidement aux changements et effectuer des calculs plus complexes pour s'adapter aux changements rapides de l'état de vol.

L'augmentation de la vitesse de réponse et des calculs rend le contrôle plus difficile sous l'influence du bruit, et nous pouvons également voir dans l'animation que le vol du drone est très instable, avec un très mauvais maintien de l'attitude, et finalement un crash s'est produit

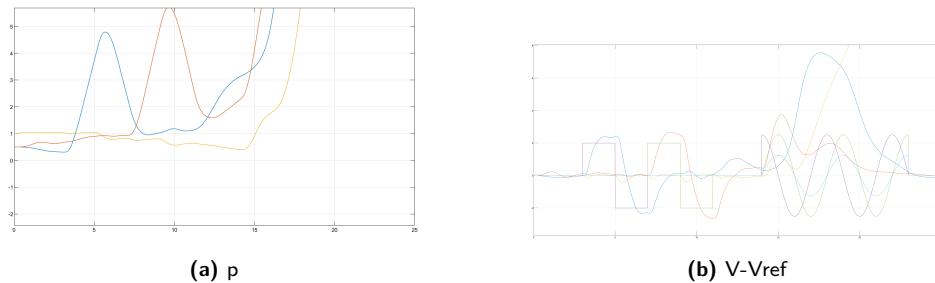


Figure 6 – Linear - EST - Non Stationnaire avec bruits

3 Synthèse d'un estimateur non-linéaire

3.1 Comparaison entre les situations Ground-Truth et Estimées(Prise en compte des gains de l'observateur)

En comparant le figure 1 de Ground-Truth avec le figure 7 d'estimee dans le cas du quasi-stationnaire, et le figure 4 de Ground-Truth avec le figure 8 d'estimee dans le cas du non-stationnaire, on peut observer un certain dépassement sur les figures.

On constate que les positions et les vitesses estimées s'écartent du signal de référence, ce qui indique que l'observateur a une certaine erreur dans la capture de la dynamique du système.

Si le gain est trop important, il peut rendre l'estimateur trop sensible au bruit et donc générer trop d'oscillations dans le signal estimé, ce qui peut introduire une instabilité, en particulier dans des conditions de vol non régulières.

Pour autant que nous l'ayons testé, la valeur des gains est significativement mal contrôlée à des valeurs supérieures à 0,01, ce qui peut conduire à des crashes.

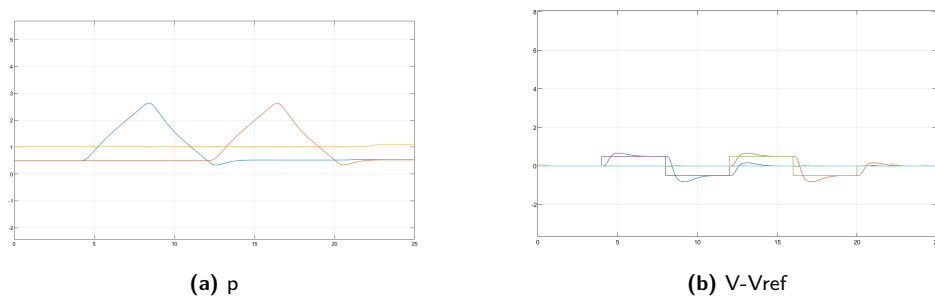


Figure 7 – Non linear - EST - Quasi Stationnaire sans bruits

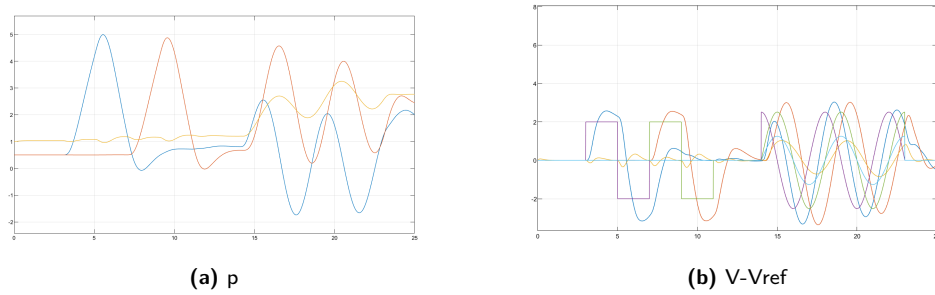


Figure 8 – Non linear - EST - Non Stationnaire sans bruits

3.2 Addition des bruits de mesure

Comme le montre la figure 9, les courbes d'estimation de la position (a) p et de la vitesse (b) $V - V_{ref}$ ne changent pas beaucoup dans la condition quasi-statique par rapport à ce qu'elles étaient avant l'ajout du bruit, ce qui indique que l'estimateur est plus robuste au bruit dans cette condition. Cela peut être dû au fait qu'en vol quasi-statique, les mouvements de l'UAV sont moins variables, et donc le bruit a moins d'effet sur l'estimation globale.

Dans la figure 10, par contre, la performance dans la condition non-statique est plus significativement affectée par le bruit. On constate que les courbes d'estimation de la position et de la vitesse présentent davantage de fluctuations et d'écarts, en particulier l'estimation de la *vitesse* (b) $V-V_{ref}$, dont la fluctuation est nettement plus importante que dans les conditions quasi-statiques. Ceci suggère que dans des conditions de vol avec des changements dynamiques plus drastiques, le bruit a un impact plus important sur l'estimateur et peut causer une plus grande interférence avec l'estimation de l'attitude du drone et la précision du contrôle.

Dans les systèmes d'asservissement des drones, la précision de l'estimation de l'attitude est cruciale pour la stabilité du vol et la précision du contrôle. Si l'estimation de l'attitude est perturbée par le bruit, les commandes de contrôle peuvent être ajustées sur la base d'informations incorrectes, ce qui peut entraîner une déviation de la trajectoire de vol du drone ou, dans des cas extrêmes, une instabilité du système.

Les valeurs de k obtenue après notre test sont égales à 0.0075.

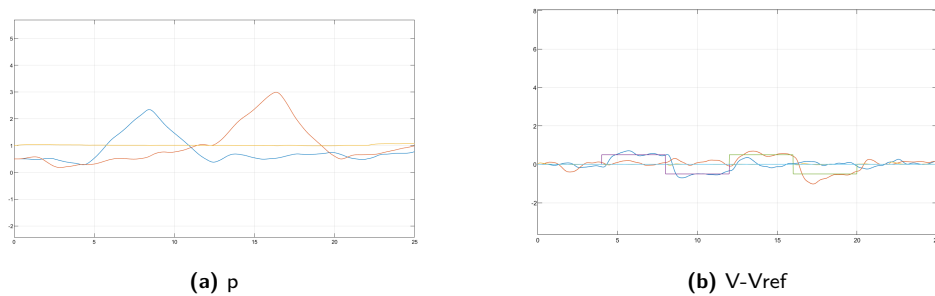


Figure 9 – Non linear - EST - Quasi Stationnaire avec bruits

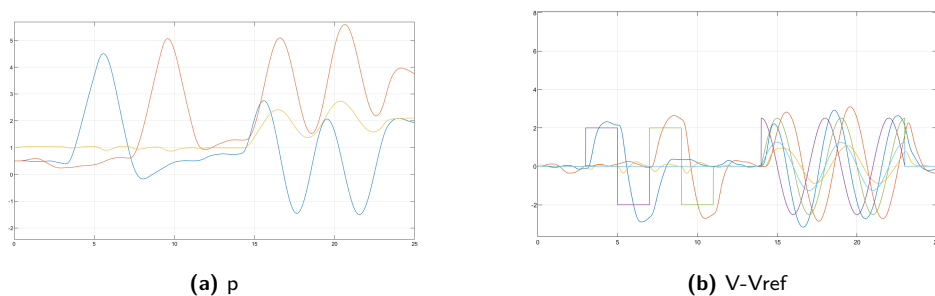


Figure 10 – Non linear - EST - Non Stationnaire avec bruits

3.3 Addition des bruits de mesure et biais de mesure

La figure 11 montre ce qui se passe lorsque le biais de l'accéléromètre est ajouté. Le biais de l'accéléromètre affecte directement le calcul intégral de la vitesse et de la position, comme nous pouvons le voir sur la figure, l'estimation de la position (a) p est significativement décalée, et l'estimation de la vitesse (b) $V-V_{ref}$ est également affectée, ce qui peut conduire le contrôleur à réagir sur la base d'informations incorrectes concernant la vitesse.

La figure 12 montre ensuite l'effet de l'ajout d'un biais magnétométrique. Le magnétomètre est principalement utilisé pour déterminer l'orientation et le biais peut conduire à une estimation incorrecte de l'angle d'attitude, ce qui se traduit dans la figure par des fluctuations dans l'estimation de la position et de la vitesse, en particulier pour les tâches de contrôle sensibles à l'orientation, où ce biais peut conduire à un contrôle imprécis.

La figure 13 illustre les résultats obtenus après l'incorporation du biais du gyroscope. Le biais du gyroscope affecte la mesure de la vitesse angulaire, qui à son tour affecte l'estimation de l'attitude et les commandes de contrôle qui s'ensuivent. Une augmentation de l'instabilité de l'estimation est visible sur la figure, ce qui suggère que le biais peut entraîner des difficultés dans le maintien de l'attitude du drone.

Enfin, la figure 14 examine le cas où les trois biais sont incorporés en même temps. Lorsque les trois biais sont présents en même temps, leurs effets se superposent et peuvent conduire à des erreurs d'estimation plus importantes et à des performances de contrôle plus instables.

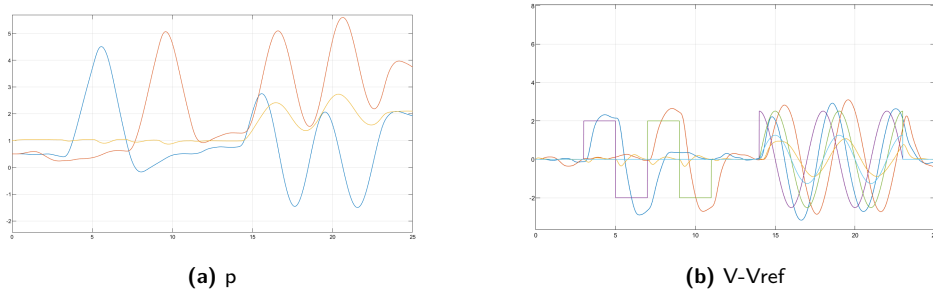


Figure 11 – Non linear - EST - Non Stationnaire avec bruits + biais acc

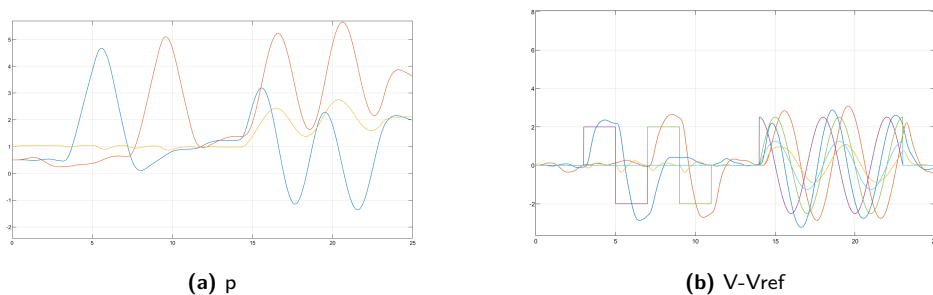


Figure 12 – Non linear - EST - Non Stationnaire avec bruits + biais Magneto

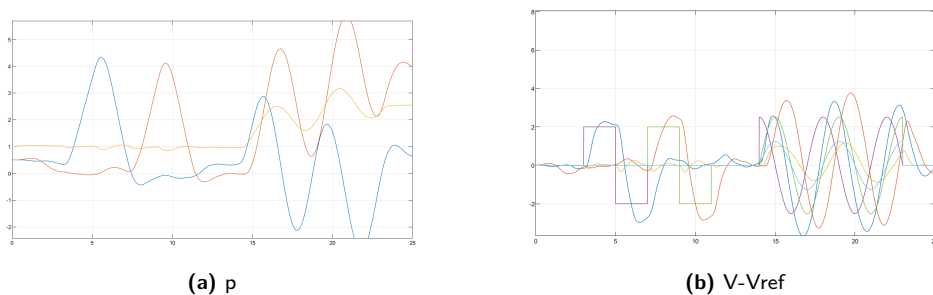


Figure 13 – Non linear - EST - Non Stationnaire avec bruits + biais Gyro

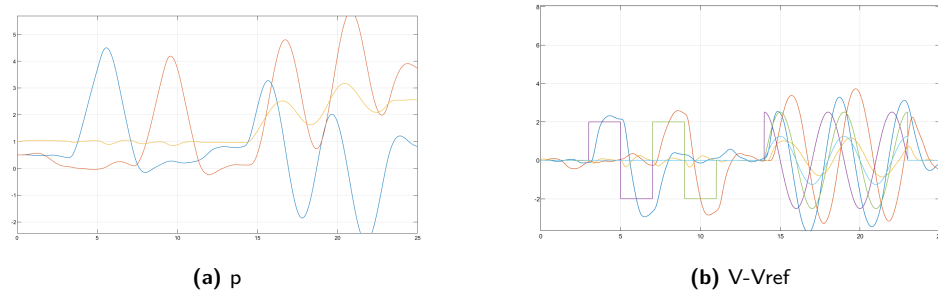


Figure 14 – Non linear - EST - Non Stationnaire avec bruits + 3 biais

3.4 Comment réduire l'impact des biais

Pour réduire l'impact des biais :

1. **Fusion de capteurs** : à l'aide de techniques avancées de fusion de données de capteurs, telles que les filtres de Kalman ou les filtres à particules, les données de plusieurs capteurs peuvent être intégrées pour améliorer la précision de l'estimation et réduire l'impact du biais d'un seul capteur.
2. **Algorithmes adaptatifs** : utilisation d'algorithmes de contrôle adaptatifs qui permettent au contrôleur d'ajuster automatiquement ses paramètres pour tenir compte des biais des capteurs.
3. **Modélisation dynamique** : l'amélioration du modèle dynamique du système garantit que le modèle décrit plus précisément la dynamique réelle, réduisant ainsi l'impact des biais.
4. **Conception redondante** : dans la mesure du possible, concevoir des configurations redondantes de capteurs afin que les biais individuels des capteurs puissent être détectés et compensés en comparant les sorties de plusieurs capteurs.