NaviTop

Pypilot*

*Pilote automatique open-source créé par Sean D'Epagnier

Profils, réglage des gains et paramètres du contrôleur de moteur

Table des matières

1. Présentation des Profils (paramètres et gains) 2
2. Comment connaître le profil utilisé par le pilote 2
3. Réglage des gains 2
4. Conseils pour le réglage des gains 4
5. Explications sur les valeurs des gains 4
6. Paramètres du contrôleur moteur 4
7. Profils pré-installés dans les calculateurs 6

0. Préambule

Pypilot est un pilote fantastique donnant satisfaction à beaucoup d'utilisateurs sur quasiment toutes les mers du globe. Les différents profils de réglages préinstallés permettent d'utiliser rapidement le pilote automatique avec la plupart des actionneurs et bateaux. J'ai équipé des voiliers de toute tailles jusqu'à un grand voilier avec 1024m² de voilure. Peu de skippers modifient les gains si l'actionneur n'est pas particulièrement lent ou très rapide.

Ce manuel a pour but de vous indiquer comment utiliser les profils préinstallés, créer les vôtres et les modifier si vous souhaitez améliorer le pilotage automatique ou diminuer encore sa consommation électrique.

Les paramètres du contrôleur de moteur doivent impérativement être adaptés à l'actionneur utilisé (voir §5). Mais testez les différents profils avant de changer les réglages de gains qui évoluent au maximum dans un rapport 1 à 3 entre les différents profils. Pour éviter un fonctionnement instable, il est déconseillé de changer ces gains de façon plus importante, surtout sans connaître leur contribution à la tenue du cap. Modifiez uniquement des copies des profils préinstallés, par petites touches.

1. **Présentation des Profils (paramètres et gains).**

Avec Pypilot, on peut créer, modifier et supprimer différents profils pour changer rapidement les paramètres et gains en fonction des conditions de navigation. Les gains ainsi que de nombreux paramètres d'actionneur et de virement de bord peuvent avoir des valeurs différentes selon le profil. L'avantage est que si vous réglez le bateau pour des conditions particulières, vous pouvez créer un profil, puis le réutiliser lorsque vous naviguez dans des conditions identiques. Mémoriser différents profils avec des paramètres pour différentes conditions permet d'améliorer l'efficacité, la consommation d'énergie et même le bruit.
Par exemple, par vent faible, il est intéressant de diminuer servo.speed_max à moins de 100 % pour réduire le bruit du moteur. Mais le rendement de certains moteurs baisse sous une vitesse minimale, ce qui augmente alors la consommation électrique. Il faut donc trouver le compromis permettant un fonctionnement peu bruyant mais efficace de l'actionneur. Par mauvais temps, il est plutôt judicieux de s'assurer que servo.speed_min et servo.speed_max sont à 100 % pour une maniabilité et une consommation d'énergie optimales.
De même en naviguant au près, on peut réduire les gains, en particulier le gain P, car de nombreux bateaux s'équilibrent naturellement. En effet, lorsque la force exercée par le gréement sur la coque augmente, le bateau tend à lofer avec la gite. Cependant, lorsque le bateau lofe trop, les voiles commencent à "déventer", réduisant leur force sur la coque, ce qui fait abattre le bateau. Pour cette raison, de nombreux bateaux peuvent avoir le gouvernail verrouillé au près et faire une route correcte tout en oscillant autour du cap moyen. Le pilote automatique est généralement bénéfique, en particulier dans les vagues, pour minimiser et amortir cet effet oscillant et améliorer la vitesse globale. Pour cette raison, il est judicieux de prévoir un profil pour le près serré avec un gain D plus élevé et un gain P plus faible.

2. **Comment connaître le profil utilisé par le pilote**

Le profil en cours d'utilisation est indiqué en bas à gauche de l'écran LCD avec la lettre P majuscule, pour "Profil", suivie par les deux premières lettres du nom du profil, par exemple, "Pde" pour le profil "default". L'indication au-dessus du profil est le mode utilisé par le pilote (Compas, Wind, …).

3. **Réglage des gains**

Le pilote automatique « basic » utilise un filtre PID amélioré pour constituer une boucle de régulation. Différents gains peuvent être ajustés pour améliorer les performances en fonction du bateau, de l'état de la mer et du type d'actionneur de la barre.

- P - proportionnel – action proportionnelle à l'erreur de cap
- I - intégrale – action sur la base de l'erreur cumulée
- D – dérivée - action proportionnelle à la vitesse de rotation du bateau (taux de rotation)
- DD – dérivée de la dérivée du taux de virage, soit une action proportionnelle à l'accélération ou décélération de la vitesse de rotation du bateau
- PR - racine proportionnelle – action racine carrée de l'erreur de cap
- FF – gain anticipé – pour ajuster la vitesse de rotation du bateau lors des changements de consigne de cap

Il est recommandé d'utiliser le plugin opencpn, ou pypilot control pour régler les gains car un bargraphe montre la rétroaction de chaque gain en vert ou rouge selon le sens d'action. Un gain dont la rétroaction sature, dépassant 100%, est signalé en bleu.

Pour commencer à partir de zéro (ou sur un nouveau bateau), régler tous les gains à zéro, à l'exception des gains P et D. Il est possible de disposer d'un pilote automatique utilisable avec uniquement ces deux gains, même si c'est moins efficace.

Placer le gain P à une valeur faible (par exemple .003) et le gain D à 0.01. Typiquement sur des bateaux plus grands, vous aurez besoin de valeurs plus élevées, mais c'est typiquement parce qu'ils ont des actionneurs de barre plus lents. Cela dépend vraiment de la vitesse à laquelle l'actionneur tourne la barre et des conditions de mer.

Le « hard over time » est le temps qu'il faut pour tourner la barre de butée en butée, soit généralement 30 degrés de part et d'autre. Si un moteur plus petit est d'avantage démultiplié et qu'il faut, par exemple, 16 secondes, alors ces gains devraient être doublés à P .006 et D .02 comme réglage de départ.

Si le bateau met trop de temps pour corriger le cap et passe beaucoup de temps d'un côté du bon cap, augmentez ces deux gains. Si le moteur travaille trop dur et franchit souvent le cap correct, diminuez ces gains.

- **P** - Gain proportionnel - Cette valeur devrait normalement être fixée à un faible niveau. S'il est trop haut, le bateau tournera constamment de part et d'autre du cap souhaité. S'il est trop bas, le bateau peut ne pas atteindre la consigne. L'utilisation de ce seul gain ne permet pas d'avoir une trajectoire stable. Au fur et à mesure qu'il est augmenté, un gain D plus élevé est nécessaire pour compenser (prévenir le dépassement).
- I - gain intégral - Ce gain n'a pas besoin d'être utilisé pour maintenir un cap, mais il peut compenser si le cap obtenu est différent du cap souhaité. Si vous suivez des itinéraires et que le bateau a tendance à suivre une ligne parallèle à l'itinéraire, cela compensera cette erreur. Il est préférable de commencer à zéro et de l'augmenter doucement jusqu'à ce que les résultats soient améliorés. Si la valeur est trop élevée, cela augmentera simplement la consommation d'énergie. La plupart des utilisateurs peuvent utiliser une valeur de 0 (désactivé) avec de bons résultats.
- **D** - gain dérivé - Il s'agit du gain utilisant la vitesse de rotation déterminée par les gyromètres. C'est le principal gain utilisé par le pilote quand il y a de la mer. La plupart des corrections devraient résulter de ce gain. Une fois que la meilleure valeur est trouvée, il peut généralement fonctionner dans une large gamme de conditions, cependant, dans de l'air léger, il peut être réduit (avec la réduction d'autres gains) pour réduire significativement la consommation d'énergie, en particulier si le bateau est bien équilibré.
- **DD** - gain dérivé' - Ce gain est utile pour améliorer le temps de réaction et réduire les oscillations. Il peut permettre des corrections plus tôt qu'elles ne se produiraient à partir du seul gain D. Essayer d'augmenter progressivement cette valeur, sans modifier les autres gains et sans dépasser 1,5 fois la valeur de gain D.
- **PR** - gain de racine proportionnel - Ce gain peut être vraiment utile pour éviter l'oscillation, en particulier au près. Pour l'utiliser, augmentez-le jusqu'à ce qu'il prenne effet, et diminuez progressivement le gain P. Vous aurez toujours besoin d'un gain P, mais il peut être réduit de moitié si un gain PR suffisant est utilisé. La dérivée 1/2 d'une fonction linéaire est en fait de 2 x carré. Donc, dans un sens, ce gain imite le filtre dérivé fractionnaire PID en fournissant un composant fractionnaire utile à mélanger dans la correction. Il aide à produire une réponse

amortie car il n'est souvent pas très bon de mettre à l'échelle la rétroaction de manière linéaire avec l'erreur de cap, car cela peut produire un dépassement. J'ai généralement réglé ce gain à 1-2x le gain P, ce qui permet un gain P plus faible et réduit les dépassements.

- **FF** - gain anticipé - Ce gain est uniquement utilisé lorsque l'on modifie la consigne de cap. Pour suivre un cap, il n'est pas utilisé. Suivre une route peut entraîner des changements de cap et ce gain sera alors utilisé. Le gain FF peut être très utile pour améliorer le temps de réponse car une valeur P faible est souhaitable pour suivre un cap. Les importantes modifications de cap peuvent prendre beaucoup de temps sans le gain FF. Ce gain a la principale contribution lorsque la consigne est modifiée.

4. Conseils pour le réglage des gains

Au près : moins de gain de D, plus de gain P (ou PR)

Au portant : plus de gain D, et éventuellement ajouter un gain DD

Vent faible : moins de gains - économiser l'énergie

Vent fort : plus de gains - plus de gains nécessaires pour fonctionner correctement

Par mer plate : ne pas suivre une route droite est une erreur de réglage qui augmente la consommation électrique.

Par mer agitée : tolérer une route moins droite peut diminuer la consommation électrique si vous voulez simplement garder le cap moyen désiré avec les voiles bordées. C'était toujours l'objectif avec un régulateur d'allure. Cela permet aussi de diminuer l'usure du moteur de l'actionneur.

5. Explications sur les valeurs des gains

Une valeur de gain P de 0,003 revient à déplacer la barre avec l'actionneur 0,3 % du temps en moyenne pour chaque degré d'erreur de cap. Donc, si le bateau a un écart de route de 10 degrés, il déplacerait l'actionneur 3% du temps en moyenne. Comme l'actionneur se déplace en rafales, il procédera à une légère correction pendant 0,3 seconde toutes les 10 secondes. On constate que la correction dépend donc de la vitesse de l'actionneur. Sauf avec un actionneur très lent, il ne faut pas augmenter P de façon importante sous peine d'instabilité. Le gain P contribue généralement à une petite fraction de la correction globale, mais combiné au gain PR (généralement un peu plus élevé), l'effet est suffisant pour maintenir la trajectoire. Par comparaison, un gain D d'une valeur de 0,06 fait tourner la barre à pleine vitesse 6 % du temps en moyenne pour chaque degré/seconde de rotation du bateau. Donc, si le bateau fait une rotation de 5 degrés par seconde, cela pourrait se traduire par le déplacement du gouvernail à pleine vitesse 30 % du temps (selon les limites d'asservissement de vitesse). Les autres gains sont calculés de la même manière.

6. Paramètres du contrôleur moteur

6.1 Paramètres globaux du contrôleur moteur pour tous les Profils

La modification d'un de ces paramètres globaux s'applique à tous les profils.

servo.max_current

Le premier paramètre à ajuster est le servo.max_courant. Ce réglage ajuste la limitation de courant du contrôleur qui est utilisée comme détection de fin de course avec la plupart des actionneurs. Si la limitation de courant est réglée trop bas, des messages d'erreur « OVERCURRENT_FAULT » apparaissent constamment et bloquent le déplacement de l'actionneur. Si la valeur de courant saisie est trop haute, le contrôleur pourrait continuer à envoyer du courant au moteur en butée. Pour les actionneurs de barres, un réglage de 4 à 7 ampères est généralement correct, et pour les entraînements hydrauliques ou puissants, des valeurs plus élevées telles que 15 à 20 ampères devraient être utilisées.

servo.slew_speed et servo.slew_slow

Il s'agit essentiellement de l'accélération/décélération maximale de l'actionneur. Limiter l'accélération ou la décélération donne un mouvement plus progressif avec moins de pics de courant permettant de diminuer le réglage servo.max_courant. Mais si le réglage d'accélération/décélération est trop faible, le temps de réaction sera limité. Typiquement, des valeurs de 15 à 30 doivent être utilisées. Avec certains systèmes de barre hydraulique, il faut parfois beaucoup augmenter ces deux réglages

Servo.clutch_pwm

Ce paramètre accessible en passant par « configuration », « pypilot client », permet de limiter le courant du solénoïde d'embrayage une fois qu'il est enclenché. Après 200-300ms, le courant envoyé au solénoïde est modulé en en largeur d'impulsion (PWM) selon ce coefficient réglable sur la plage 0-100%. Dans le cas d'une électrovanne LS, le courant peut être réduit dans un rapport 6.5 selon la doc du fabricant, soit un paramètre de 16%. Cela permet de diminuer la consommation de l'électrovanne de 30Ah par jour à 5Ah

6.2 Paramètres contrôleur moteur spécifiques à chaque Profil

Ces paramètres du contrôleur ont des valeurs pour chacun des profils. Leur modification ne change que la valeur dans le profil en cours d'utilisation.

servo.périod

Ce réglage est le temps minimum que le moteur peut tourner ou s'arrêter. Pour l'essentiel, il empêche le moteur de faire trop de mouvements courts. Des mouvements courts peuvent donner des corrections plus rapides et une meilleure direction, mais au détriment de l'usure et de la consommation d'énergie. Avec un actionneur rapide ou un bateau petit ou rapide, une valeur de 0.1s est idéale pour une bonne stabilité. Mais des valeurs typiques de 0,3 ou 0,4 fonctionnent bien pour les autres bateaux dans la plupart des conditions.

servo.speed.min

Ce réglage limite la vitesse minimale du moteur. Ceci est utile car de nombreux actionneurs électriques deviennent moins performants si le moteur tourne trop lentement en raison d'un frottement important. Pour cette raison, il est généralement préférable d'effectuer de courtes et rapides corrections et de passer le reste du temps à ne pas bouger la barre. La fixation d'une vitesse minimale permet de se déplacer soit à cette vitesse, soit de rester à l'arrêt.

servo.speed.max

Ceci limite la vitesse maximale du moteur. Il peut être utile, dans des conditions plus légères, de ralentir le mouvement du gouvernail pour réduire le bruit ou l'usure. Habituellement plus le moteur

d'entraînement est rapide, meilleures sont les performances, mais si les conditions sont bonnes, vous pouvez simplement limiter la vitesse d'entraînement en réduisant cette valeur.

solénoïdeservo.use_brake

Lorsque le frein d'actionneur est activé, le contrôleur du moteur court-circuite le moteur lorsque le moteur ne tourne pas et que le pilote est engagé. Cela peut empêcher le gouvernail de forcer le moteur en cas de vent fort. Le frein est particulièrement utile sur les monocoques naviguant au près avec des gouvernails sur la quille ou l'étambot, non compensés. Pour d'autres utilisateurs, il est préférable de ne pas avoir de frein car cela vous permet de forcer rapidement l'actionneur, sans désengager le pilote ou la transmission, si vous devez éviter quelque chose. Le frein est également utile avec des vérins électriques rapides pour que le capteur de position arrête plus rapidement la barre avant les butées mécaniques.

7. Profils pré-installés dans les calculateurs

Les profils préinstallés dans les calculateurs sont dans le tableau ci-dessous ainsi qu'un profil d'Yves qui navigue beaucoup avec Pypilot sur un 42 pieds

Nota : servo.period, Servo.max-slew.slow et speed ont pu être différents dans certaines pré-installations

	Profils pré-installés dans les calculateurs Navitop					
Source	**Sean d'Epagnier**				**Stellian**	**Yves**
Profile	**default**	**light**	**downwind**	**upwind**	**stellian**	
Pilot	basic	basic	basic	basic	basic	basic
Gain P	0.0027	0.0056	0.0033	0.0055	0.0023	0.0026
Gain I	0	0	0	0	0	0.0288
Gain D	0.062	0.0431	0.0715	0.0473	0.1169	0.0888
Gain DD	0.0532	0.0288	0.0666	0.0288	0.1036	0.096
Gain PR	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0051	0.0075
Gain FF	0.333	0.333	0.333	0.333	0.5	0.21
*Servo.max_current**	*6.37 A***	*6.37 A***	*6.37 A***	*6.37 A***	*6.37 A***	*6.37 A***
*Servo.max_slew_slow**	*26.378*	*26.378*	*26.378*	*26.378*	*26.378*	*18.1*
*Servo.max_slew_speed**	*19.0394*	*19.0394*	*19.0394*	*19.0394*	*19.0394*	*31.9*
truewind.offset	0	0	0	0	0	0
wind.offset	0	0	0	0	0	0
ap.tack.angle	100 deg	100 deg	100 deg	100 deg	100 deg	100 deg
ap.tack.delay	0 s	0 s	0 s	0 s	0 s	0 s
ap.tack.rate	5 deg/s	5 deg/s	5 deg/s	5 deg/s	20 deg/s	15 deg/s
ap.tack.threshold	55%	51%	49%	49%	50%	50%
servo.period	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec
servo.speed.max	100%	100%	100%	100%	100%	90%
servo.speed.min	100%	100%	100%	100%	91%	47%

* Ces trois réglages sont communs à tous les profils

** Le réglage Servo.max_current doit être impérativement adapté en fonction de l'actionneur