NaviTop

Pypilot*

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

Profils, réglage des gains et paramètres du contrôleur de moteur

Table des matières

0. Préambule 1
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 fonction de la vitesse angulaire de l'actionneur du pilote .. 4
6. Paramètres du contrôleur moteur..... 5
7. Profils préinstallés dans les calculateurs Navitop avec Pypilot 0.56..... 7
8. Profils préinstallés dans les calculateurs Navitop avec Pypilot 0.71..... 8

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 la 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 par petites touches des copies des profils préinstallés.

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, sous les grands caractères indiquant le mode de fonctionnement du pilote (Compas, Wind,…). On trouve les trois premières du nom du profil en cours d'utilisation (version 0.71). Avec la version 0.56 de Pypilot, il y a une lettre P majuscule, pour "Profil" , suivie par les deux premières lettres du nom du profil, par exemple, "Pde" pour le profil "default".

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. Mais si vous utilisez un vérin de barre, l'angle est souvent de seulement 15 à 20 degrés de part et d'autre à cause de la course limitée du vérin. Il faut donc plutôt considérer la vitesse angulare de rotation de la barre. 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 fonction de la vitesse angulaire de l'actionneur du pilote

Avec le mode « Basic », pour chaque degré d'erreur de cap, une valeur de gain P de 0,003 déplace la barre 0,3 % du temps en moyenne. 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 sera plus ou moins importante selon la vitesse de l'actionneur. Les réglages de base proposés sont donnés pour un actionneur déplaçant la barre de -30 à +30° en 7 à 8 secondes, soit une vitesse angulaire d'environ 8,6°/s.

Sauf avec un actionneur beaucoup plus 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.

Normalement, les gains préchargés conviennent à beaucoup de bateaux. Il est cependant utile de savoir si la vitesse angulaire de barre de son bateau sous pilote est comparable ou très différente de de 8,6°s.

Les actionneurs in-board ont en général un débattement angulaire de 60° (±30°). Par contre, les vérins linéaires de barre ont souvent un débattement plus faible, fonction de la course du vérin et de la position de ses fixations par rapport à l'axe de la mèche de safran.

Le tableau ci-dessous donne la vitesse angulaire de rotation du safran avec différents actionneurs et montages. On constate que l'utilisation de vérins linéaires de 65mm/s permet une rotation angulaire proche de 8,6°/s alors que les vérins type ST4000 donnent une vitesse angulaire un peu plus lente, même en diminuant à 360mm la distance entre l'axe de la mèche du safran et le vérin. Par contre, le tableau montre qu'un vérin linéaire 150mm/s, efficace pour barrer parfaitement le bateau dans de la très grosse houle, donne une vitesse angulaire entre 14.4°/s et 18.1°/s selon la distance de l'axe de la mèche.

Actionneur	Course (mm)	Vitesse (mm/s)	temps de butée à butée (s)	distance axe de la mèche (mm)	Débattement total (°) angulaire	**Vitesse angulaire (°/s)**	Variation par rapport à 8,6°/s
Action. idéal	277	39.5	7.0	240	60	**8.6**	100%
ST4000	254	43	5.9	460	30.9	**5.2**	61%
ST4000	254	43	5.9	360	38.9	**6.6**	77%
Chinois	300	65	4.6	460	36.1	**7.8**	91%
Chinois	300	65	4.6	360	45.2	**9.8**	114%
Chinois	300	150	2.5	460	36.1	**14.4**	167%
Chinois	300	150	2.5	360	45.2	**18.1**	211%

C'est environ le double de la vitesse angulaire correspondant aux réglages de gain préprogrammés. Sachant que Pypilot déplace l'actionneur par impulsions plus ou moins longues en fonction des gains, on comprend que pour une action identique sur la barre, ce vérin très rapide impose de réduire tous les gains. Diviser tous les gains dans un rapport 2 à 3 permet d'obtenir une parfaite stabilité avec ce vérin très rapide.

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.période

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 d'environ 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 préinstallés dans les calculateurs Navitop avec Pypilot version 0.56

Les profils préinstallés dans les calculateurs Navitop figurent dans le tableau ci-dessous.

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

	Profils pré-installés dans les calculateurs Navitop – Pypilot 0.56				
Source	**Sean d'Epagnier**				**Stellian**
Profile	**default**	**light**	**downwind**	**upwind**	**stellian**
Pilot	basic	basic	basic	basic	basic
Gain P	0.0027	0.0056	0.0033	0.0055	0.0023
Gain I	0	0	0	0	0
Gain D	0.062	0.0431	0.0715	0.0473	0.1169
Gain DD	0.0532	0.0288	0.0666	0.0288	0.1036
Gain PR	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0051
Gain FF	0.333	0.333	0.333	0.333	0.5
*Servo.max_current**	*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*
*Servo.max_slew_speed**	*19.0394*	*19.0394*	*19.0394*	*19.0394*	*19.0394*
truewind.offset	0	0	0	0	0
wind.offset	0	0	0	0	0
ap.tack.angle	100 deg	100 deg	100 deg	100 deg	100 deg
ap.tack.delay	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
ap.tack.threshold	55%	51%	49%	49%	50%
servo.period	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec
servo.speed.max	100%	100%	100%	100%	100%
servo.speed.min	100%	100%	100%	100%	91%

* Ces trois réglages sont communs à tous les profils

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

8. Profils préinstallés dans les calculateurs Navitop avec Pypilot 0.71

Depuis septembre 2026, la carte SD des calculateurs Navitop est flashée avec l'image Tinypilot-Pypilot de Sean du 5 juillet 2026 (Pypilot 0.71 et Tinycore 16). Cette image apporte de nombreuses améliorations et peut être utilisée aussi bien avec un Pi Zero W qu'avec un Pi Zero 2W, contrairement à la précédente dont le système Tynicore 13 était incompatible avec le Pi Zero 2W.

Le mode basic est performant et plus facile à régler. Mais le nouveau mode absolu est difficile à faire fonctionner dans toutes les conditions de navigation. On regrette avec cette image l'absence des profils proposés auparavant qui constituaient une bonne base pour démarrer avec Pypilot. Les seuls profils préinstallés ont malheureusement tous des gains identiques. Depuis le 27/10/2026, Navitop installe la version 0.71 de Pypilot avec les profils du tableau ci-après.

Quand il y a uniquement les profils "default", "absolute_test", "light", "wind_test" et "absolute_downwind", il faut absolument installer de nouveaux profils ("oldlight", "stellian").

Le profil "light150mm/s" est destiné aux bateaux avec un vérin linéaire très rapide (150mm/s). Il permet un fonctionnement très stable. Avec un tel vérin, vous pouvez facilement créer d'autres profils plus réactifs en augmentant D et DD.

	Pre-installed Profiles in Navitop computers with Pypilot 0.71 since 2026/10/27							
Source	**Sean d'Epagnier**					**Stellian**	**J-Marc**	**Sean**
Profile	**default**	**oldlight**	**newlight**	**downwind**	**upwind**	**stellian**	**light 150mm/s**	**Wind _test**
Pilot	basic	basic	basic	basic	basic	basic	basic	basic
Gain P	0.0051	0.0056	0.0051	0.0033	0.0055	0.0023	0.0018	0.0051
Gain D	0.0343	0.0431	0.0343	0.0715	0.0473	0.1169	0.0103	0.0343
Gain DD	0.0343	0.0288	0.0343	0.0666	0.0288	0.1036	0.0103	0.0343
Gain PR	0.0039	0.0048	0.0039	0.0048	0.0048	0.0051	0.0019	0.0039
Gain FF	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.15	0.6
*Servo.max_current**	*5.87 A*	*5.87 A*	*5.87 A*	*5.87 A*	*5.87 A*	*5.87 A*	*5.87 A*	*5.87 A*
*Servo.max_slew_slow**	*26.3781*	*26.3781*	*26.3781*	*26.3781*	*26.3781*	*26.3781*	*26.3781*	*26.3781*
*Servo.max_slew_speed**	*35.4331*	*35.4331*	*35.4331*	*35.4331*	*35.4331*	*35.4331*	*35.4331*	*35.4331*
truewind.offset	0	0	0	0	0	0	0	0
wind.offset	0	0	0	0	0	0	0	0
ap.tack.angle	100 deg	100 deg	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	0 s	0 s
ap.tack.rate	15 °/s	15 °/s	15 °/s	15 °/s	15 °/s	15 °/s	15 °/s	15 °/s
ap.tack.threshold	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
servo.period	0.2989s	0.4s	0.2989s	0.4s	0.3s	0.4s	0.2989s	0.2989s
servo.speed.max	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
servo.speed.min	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%

* Ces trois réglages sont communs à tous les profils

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

Attention : La valeur Servo.max_current installée par défaut est 5.87 ampères. C'est correct pour un vérin linéaire 150mm/s mais trop élevé pour un actionneur linéaire ST4000 ou un moteur de ST2000. Avec un actionneur hydraulique, vous devrez probablement avoir un réglage entre 10 et 20 ampères.