



1. NOTION DE ROUTE SUIVANT UN CAP* :

La position d'un voilier est donnée par un degré de longitude et un degré de latitude.

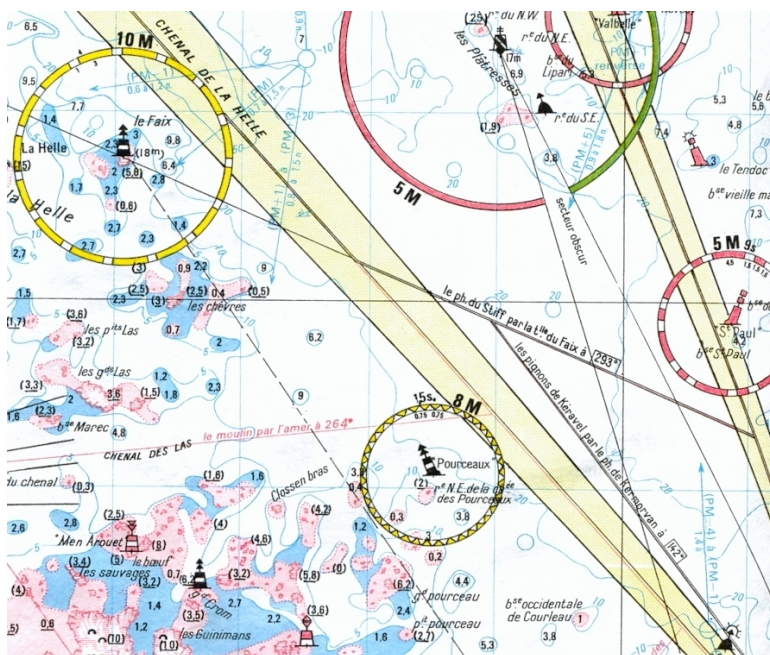
Pour se déplacer d'un lieu à un autre, le voilier doit tenir compte de la configuration des côtes et des fonds, des courants, en particulier au flot et au jusant, et des conditions météorologiques (Direction et forces des vents).

En fonction de ces paramètres, le chef de bord détermine la route à suivre, c'est à dire un cap à suivre (ou gisement).

Le cap est l'angle mesuré entre la direction Nord ou 0°, et la route du bateau. Dans le cockpit, un compas indique le cap suivi par le voilier.

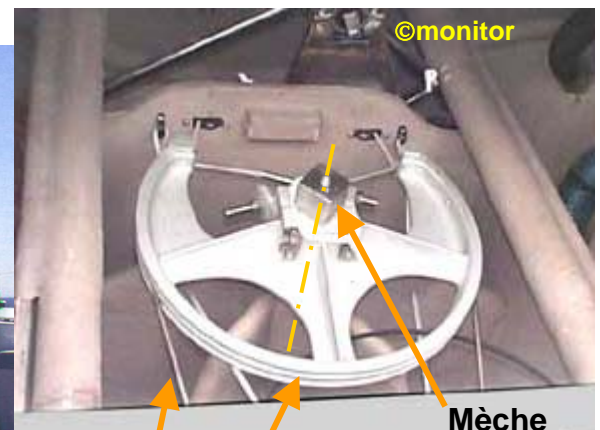
Ce cap suivi varie en fonction des conditions de mer, courants, houle, vent, et des caractéristiques de comportement du voilier, et du réglage des voiles. Par conséquent, on doit corriger la route par une action sur l'organe de direction d'un voilier appelé gouvernail, dont la partie active ou safran, articulé sur la mèche, permet d'agir sur la direction du navire.

Le barreur agit sur la barre pour orienter le safran. Il existe des mécanismes de commande directe, en fait un levier directement lié au safran, appelé barre franche :



*Pour tous les termes techniques, consulter le <http://permanent.cyconflans.free.fr/glossaire/glossaire.htm>

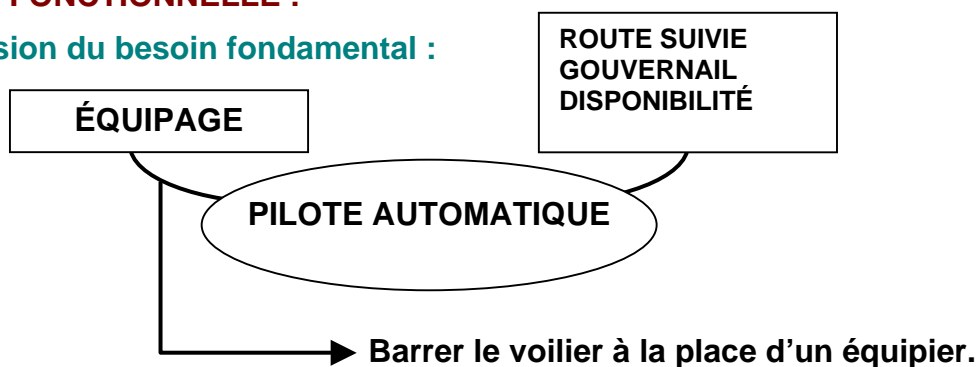
On trouve également des dispositifs où la rotation d'un volant, on parle de barre à roue, agit sur le secteur de barre par l'intermédiaire de drosses.



Mèche
Secteur de barre
Drosse de barre

2. ANALYSE FONCTIONNELLE :

2.1. Expression du besoin fondamental :



❑ Pourquoi ce besoin (quelle en est la cause) ?

Un navire soumis aux éléments ne poursuit pas spontanément sa route, le vent, les vagues, le réglage des voiles, ses lignes de carène tendent à le faire lofer ou abattre. Il doit donc y avoir une action sur le gouvernail afin de garder le bon cap.

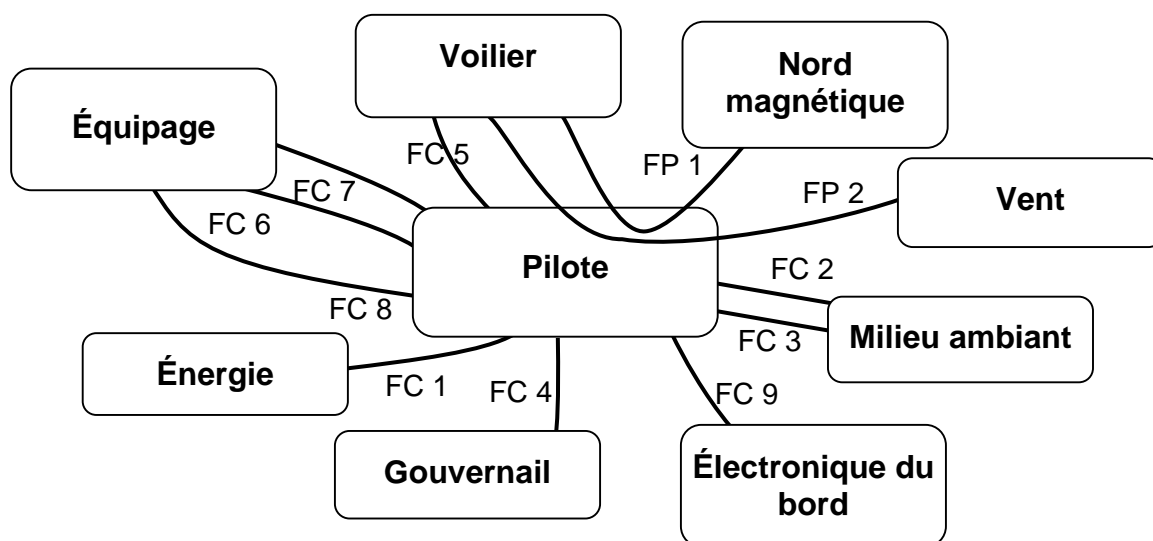
Barrer un voilier est souvent fastidieux, voire fatigant, d'où un cap parfois aléatoire, affecté par des pertes de vigilance. De plus, certaines conditions de navigation, en solitaire ou en effectif expérimenté réduit, imposent de libérer l'équipage pour la manœuvre, la navigation ou toute autre activité.

Naviguer barre amarrée à l'aide d'une garcette et d'un Sandow, ou amarrée aux écoute nécessite une bonne technique de navigation, et une bonne connaissance du comportement du voilier, ce qui n'est pas l'apanage de tous les navigateurs, surtout dans le cadre d'une location.

❑ Risques de voir ce besoin évoluer ou disparaître.

L'obligation de maintenir une veille permanente en navigation n'interdit pas le pilotage automatique de l'embarcation. Très peu de chance de voir ce besoin disparaître. De même, les évolutions technologiques ne semblent pas faire disparaître ou évoluer le besoin.

2.2. Diagramme des milieux environnants – Point de vue utilisateur :



- FP 1 :** Maintenir le voilier vers un cap donné
- FP 2 :** Maintenir le voilier dans une allure définie
- FC 1 :** S'adapter à l'énergie disponible.
- FC 2 :** Résister à l'air marin, aux embruns, et au rayonnement solaire.
- FC 3 :** Respecter l'environnement.
- FC 4 :** S'adapter aux éléments du gouvernail.
- FC 5 :** S'adapter aux éléments de la structure du voilier.
- FC 6 :** Respecter l'équipage.
- FC 7 :** Ne pas gêner la manœuvre.
- FC 8 :** Être facile à utiliser et à entretenir.
- FC 9 :** Dialoguer avec l'électronique de bord (GPS, girouette électronique, loch, ...).

2.3. Éléments du cahier des charges fonctionnel :

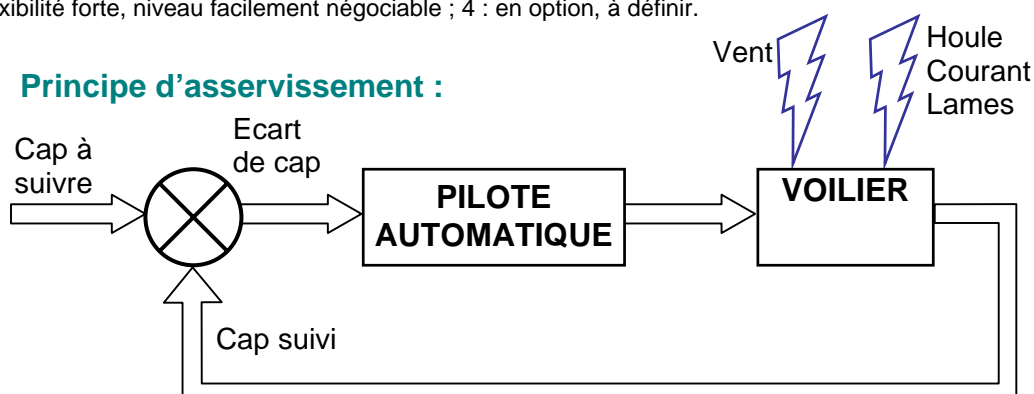
FS	Critères d'appréciation	Niveau	Flexi- bilité*
FP 1 FP 2	Effort à la barre	≈ 210 Nm sur l'axe de barre (Fonction du déplacement du bateau)	1
	Temps de retour au cap	Vitesse de déplacement butée à butée (5s) sous charge définie (≈ 90 Nm sur l'axe de barre)	1
		Angle de barre ± 30°	1
	Écart maxi par rapport au cap de consigne	± 5° au près, ± 10° au portant	1
	Pas de réglage	1°	0
	Bande morte	Réglable 1 à 5°	2
	Virement	80 à 115°	2
	Précision en cap	± 0,5°	0
	Type d'utilisation	Continu pendant plusieurs heures (base 6h), fractionné ou sur quelques jours consécutifs, ou en continu pendant plusieurs dizaines de jours.	1
	Durée de vie	5 ans – 300 heures	1
FC 1	Type d'énergie	Alimentation par batterie rechargeable 12 V = (10 à 15 V)	0
		Consommation maxi 2,5 A en moyenne 6A en pointe	1
		Hydraulique (option)	4
		Éolienne (option)	4

*0 : flexibilité nulle, niveau impératif ; 1 : flexibilité faible, niveau peu négociable ; 2 : flexibilité bonne, niveau négociable ; 3 : flexibilité forte, niveau facilement négociable ; 4 : en option, à définir.

FS	Critères d'appréciation	Niveau	Flexi- bilité*
FC 2	Étanchéité	Taux d'humidité 100 % Projections dans toutes les directions Immersion	0 0 1
	Anticorrosion	À l'ambiance marine	0
	Résistance au rayonnement solaire	Résistance aux UV Échauffement maxi (50° sous 1 000 W/m ²)	0 0
FC 3	Fixation sur les éléments existants	Réalisable par bricoleur averti	1
FC 4	Fixation sur les éléments existants	Réalisable par bricoleur averti	1
FC 5	Possibilité de reprendre la main	1 s maxi	0
	Sécurité électrique	IP 55 mini	0
	Sécurité mécanique	Pas de partie vive ou saillante Parties mobiles protégées	0
FC 6	Encombrement	Inférieur à celui d'un barreur	0
	Comportement	Pas de modification sensible du comportement (fardage, stabilité de route)	
FC 7	Périodicité d'entretien	Annuelle	1
	Durée de prise en main	15 min maxi.	2
	Installation à poste	1 min maxi.	2
FC 8	Protocole d'échange	NMEA 0183 (National Marine Electronics Association)	4

*0 : flexibilité nulle, niveau impératif ; 1 : flexibilité faible, niveau peu négociable ; 2 : flexibilité bonne, niveau négociable ; 3 : flexibilité forte, niveau facilement négociable ; 4 : en option, à définir.

2.4. Principe d'asservissement :



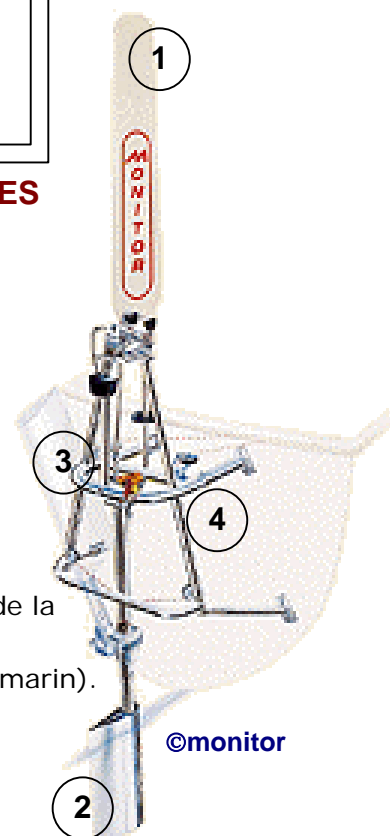
3. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES PILOTES AUTOMATIQUES MONTES SUR BARRE FRANCHE :

3.1. Régulateurs d'allure :

Ce sont des pilotes automatiques, dont le principe a été développé notamment par le Colonel Herbert Georges "Blondie" Hasler à l'occasion de la première course transatlantique en solitaire de 1960. Ce sont des systèmes asservis, uniquement mécaniques. Composés essentiellement d'une girouette ou aérien **1**, d'un safran **2**, d'un mécanisme **3** et de bouts de renvois **4** (drosses), qui maintiennent le voilier dans une direction donnée par rapport au vent.

3.1.1. Avantages :

- ⇒ Énergie disponible à volonté en navigation sous voile (Si le vent est de la partie).
- ⇒ Robustesse (Pas d'électronique, ni de contacteur sensibles au milieu marin).
- ⇒ Maintenance aisée due aux pièces mécaniques faciles à réparer ou bricoler, en particulier lors d'escapes exotiques.
- ⇒ Pas de réglages intempestifs des voiles à assurer.
- ⇒ Adaptés aux conditions sévères.





3.1.2. Inconvénients :

- ⇒ Nécessitent un vent établi.
- ⇒ Ne fonctionnent pas au moteur.
- ⇒ Si le vent n'est pas stable en direction, le cap suivi est aléatoire.
- ⇒ Une certaine difficulté de réglage.
- ⇒ Ne peuvent pas être couplés à l'électronique du bord (GPS, Radar).
- ⇒ Ne sont pas utilisables en navigation au planning (voiliers de compétition en particulier).
- ⇒ Encombrement
- ⇒ Coût élevé (3 000 €)

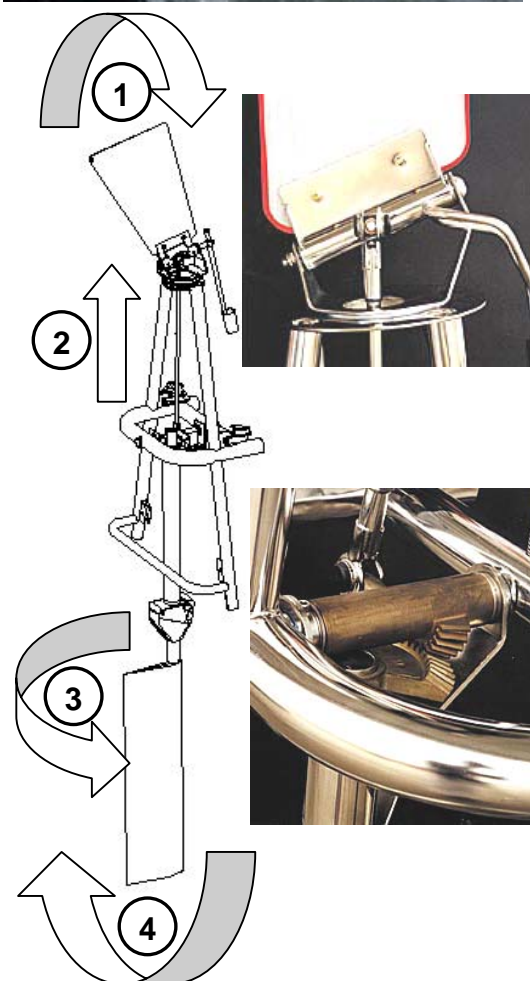
3.1.3. Principe de fonctionnement

Tous les régulateurs actuels fonctionnent sur les mêmes principes de base.

La partie haute est articulée selon un axe vertical, autour duquel l'orientation permet de fixer le cap du bateau par rapport au vent apparent (Vent réel + vent vitesse). Elle est composée d'une girouette très légère (l'aérien **1**) équilibrée par un contrepoids, articulée elle-même autour d'un axe incliné par rapport à l'horizontale pour une meilleure efficacité (20° est l'angle optimum défini notamment par des essais de Marcel Gianoli sur Pen-Duick II lors de la transat OSTAR de 1964).

Cet aérien, détecte les modifications de la direction du vent apparent. En effet, lorsque la direction de ce dernier varie, le vent vient frapper l'aérien sur l'une de ses faces, entraînant sa rotation (**1**). Cette rotation de l'aérien est transmise par une tringlerie (**2**), puis transformée en rotation d'axe vertical (**3**) du safran, ce qui conduit les filets d'eau à créer un effort sur ce safran.

Comme le safran est articulé autour d'un axe horizontal, le couple créé par l'action hydrodynamique conduit à la rotation du safran (**4**), lequel entraîne la rotation de la barre au moyen de drosses.



Il existe une douzaine de systèmes différents pour ce type de technologie. Pour plus d'information, voir les sites windpilot.com ou asmer.fr. A voir également pour tout son contenu : <http://www.voilelec.com/>

3.2. Pilotes de cockpit :

Développés dans les années 70 (Débuts commerciaux sous la marque Autohelm, actuellement Raymarine), ce sont des systèmes asservis dont la partie opérative est un vérin électrique, dont le corps est fixé dans le cockpit, et la tige articulée sur la barre. Un compas électronique (fluxgate), intégré au pilote, permet de mesurer l'écart entre le cap suivi et le cap de consigne. Cet écart est transformé en signal électrique proportionnel, traité par la partie commande afin d'ordonner une action corrective à la partie opérative (entrée ou sortie du vérin).



3.2.1. Avantages :

- ⇒ Insensibles aux caprices d'Eole, ils fonctionnent même en cas d'absence de vent (moteur).
- ⇒ Permettent de suivre un cap constant.
- ⇒ Coût modéré (5–800 €)
- ⇒ Peuvent fonctionner en régulateurs d'allures s'ils sont interfaçés avec un système de navigation et une girouette électrique.
- ⇒ Manipulation et utilisation très facile.

3.2.2. Inconvénients :

- ⇒ Montrent leur limite dès que les conditions durcissent (mer formée, vent fort).
- ⇒ Peuvent se révéler gourmands en énergie.
- ⇒ Si le vent n'est pas stable en direction, il faut corriger fréquemment les réglages de voile.
- ⇒ Composants électriques et électroniques sensibles au milieu marin (froid, humidité, corrosion), et dont l'approvisionnement peut être déficient lors d'escales imprévisibles.
- ⇒ Plage de fonctionnement limitée aux unités inférieures à 12 m et 6 tonnes de déplacement. Pour les unités supérieures, ou pour supporter des conditions sévères, on doit être équipé de système composés de vérins électriques ou électrohydrauliques à connecter généralement sur secteur de barre, et commandés par un compas ou gyroscope ainsi qu'un calculateur séparés.



Calculateur de route



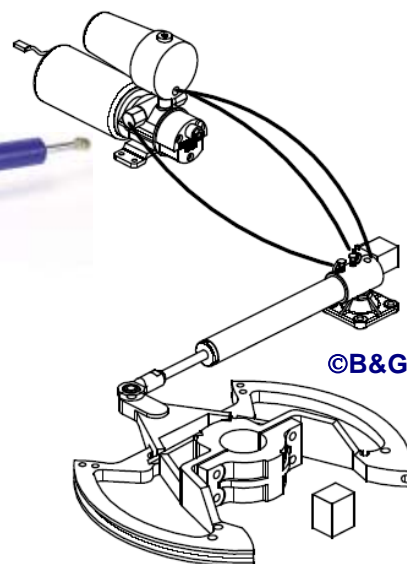
Capteur d'angle de barre



Compas fluxgate

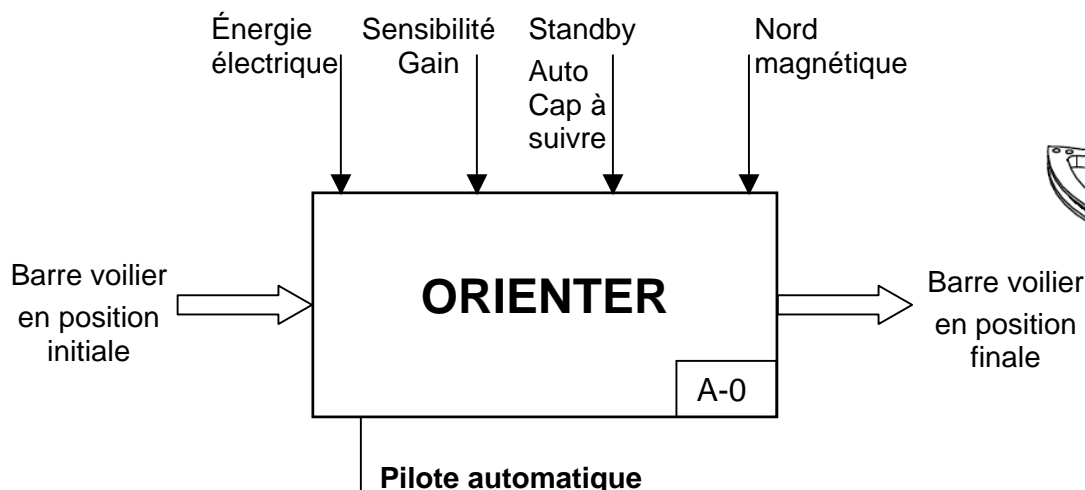


Unité de puissance Hydraulique



©B&G

3.2.3. Diagramme A-0 :





3.3. Comparaison des deux solutions :

Si le besoin est identique, les domaines d'utilisation des deux produits diffèrent légèrement. Ils sont en fait complémentaires. Leur achat dépendra des conditions d'utilisation le plus souvent rencontrées et du type de navigation, cabotage ou longues traversées océaniques, et on peut même les associer pour utiliser la puissance du régulateur, et la commande d'un pilote (voir photo ci-contre).

D'autre part, et dans les compétitions en solitaire, ni l'un ni l'autre ne sont satisfaisant, et les fabricants ont développé des pilotes " inboard ", associés à des gyroscopes, seuls à même de gouverner les voiliers dans des conditions extrêmes, mais avec la consommation électrique afférente, produite par un groupe électrogène.

En définitive, aucun de ces systèmes ne dispense le navigateur ni d'une veille permanente, ni du bon réglage des voiles, et en navigation à la voile, ce sont toujours les éléments qui commandent...



4. QUELQUES PILOTES POUR BARRE FRANCHE :

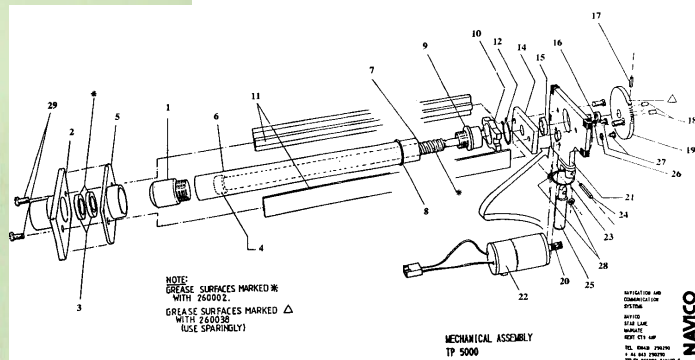
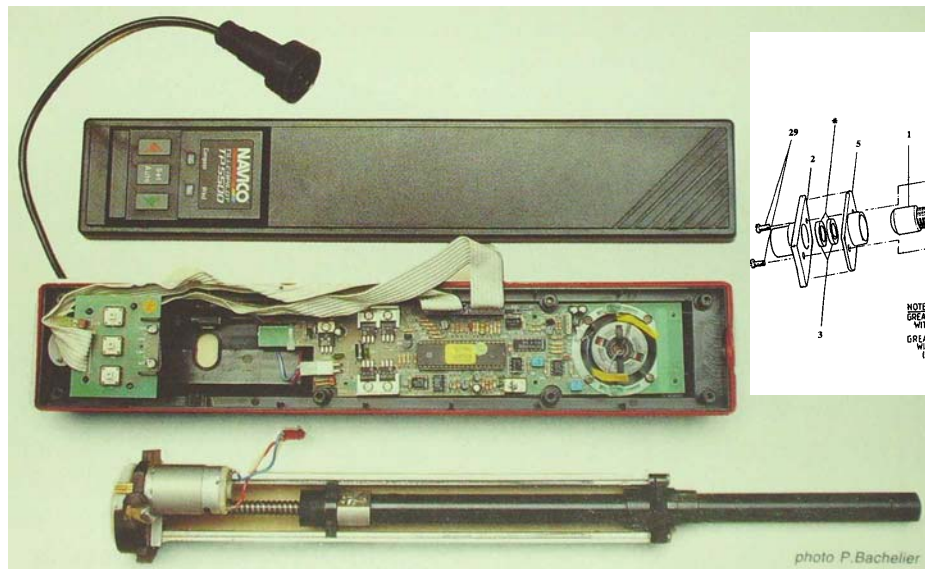
4.1. L'AT50 Plastimo :

Pas toujours d'une fiabilité exemplaire, s'il n'a pas marqué la navigation à voile, il restera dans l'histoire de l'enseignement technologique.





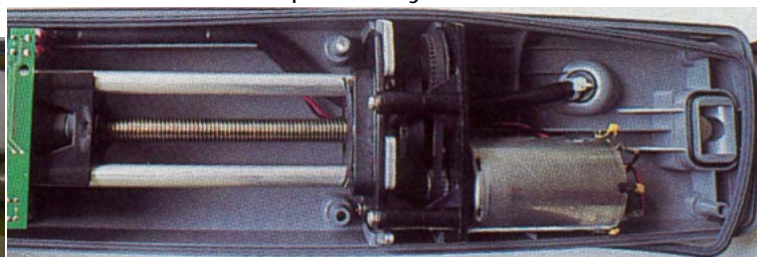
4.2. Le Navico TP5000, ancêtre des TP10–20–30 de Simrad :



4.3. Caractéristiques de pilotes actuels à compas intégré :

Marque	Simrad			Raymarine	
Modèle	TP 10	TP 22	TP 32	ST 1000 +	ST 2000 +
Alimentation	10 à 16 V	10 à 16 V	10 à 16 V	10 à 16 V	10 à 16 V
Consommation auto 200 N	2,5 A	2,5 A	2,5 A	3,2 A	4 A
Consommation moyenne	0,5 à 1 A	0,5 à 1 A	0,5 à 1 A	0,5 à 1 A	0,5 à 1 A
Consommation auto à vide	0,09 A	0,09 A	0,09 A	0,06 A	0,06 A
Temps butée-butée vide	6,5 s	6,5 s	4 s	8 s	4,5 s
Temps butée-butée 200 N	8 s	8 s	4,7 s	9 s	4,8 s
Poussée maximale	65 kg	65 kg	85 kg	57 kg	77 kg
Interface	Non	NMEA/Corus	NMEA/Corus	NMEA/Sea Talk	NMEA/Sea Talk
Dimensions boîtier	460×105×60	460×105×60	460×105×60	445×95×47	445×95×47
Prix	359 €	579 €	776 €	419 €	589 €
Télécommande filaire	-	168 €	168 €	195 €	195 €
Télécommande afficheur	-	359 €	359 €	-	-
Télécommande sans fil	-	-	-	425 €	425 €

Le pilote Raymarine ST1000+ :

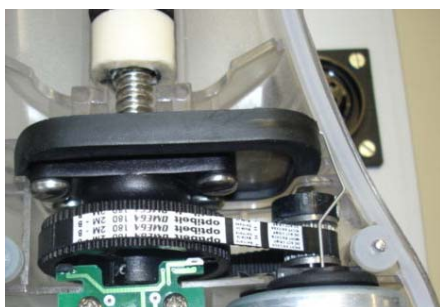


Le pilote Raymarine ST2000+ :





Le pilote Simrad TP30 :



Le pilote Simrad TP10 :

