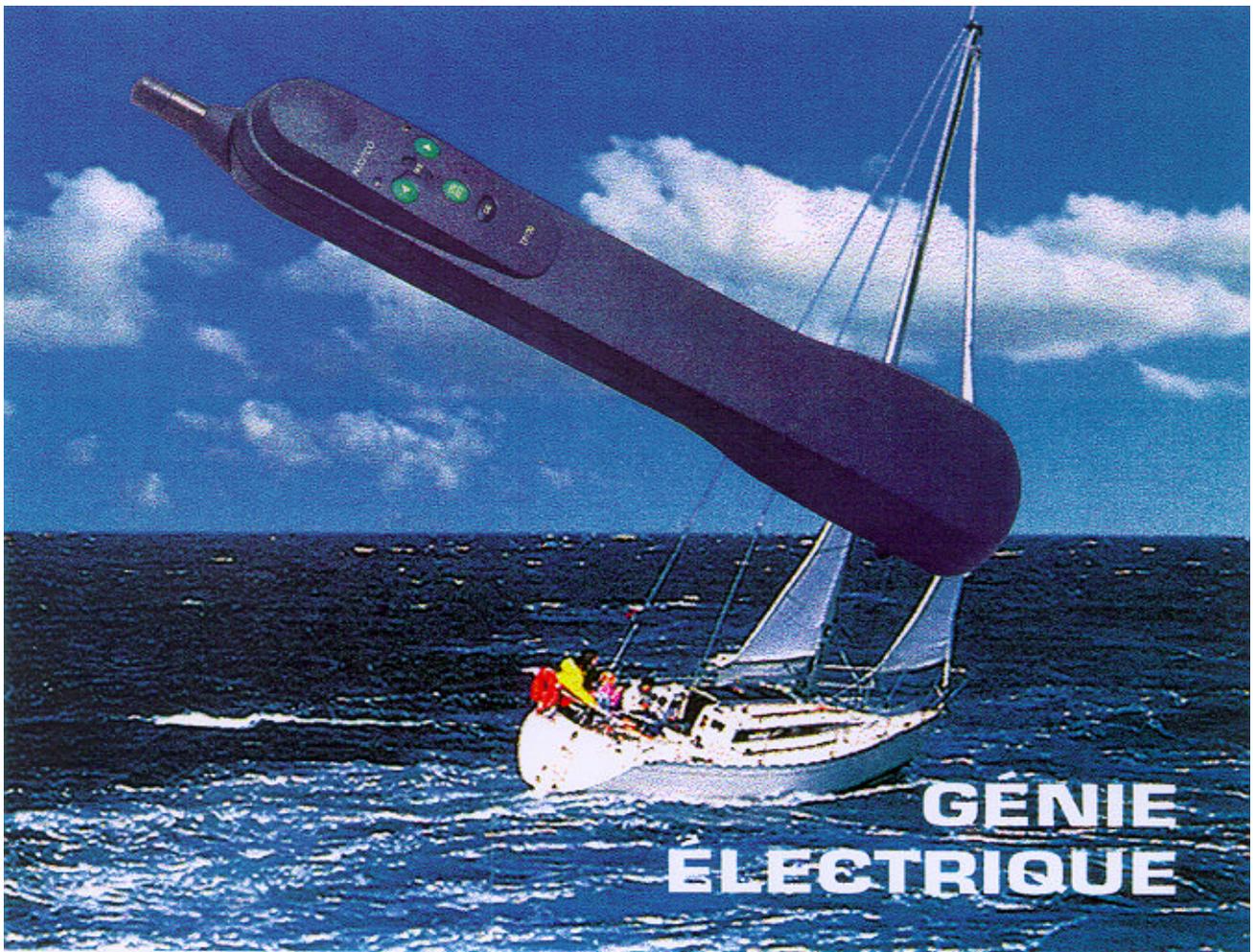


Pilote automatique TP300 de NAVICO



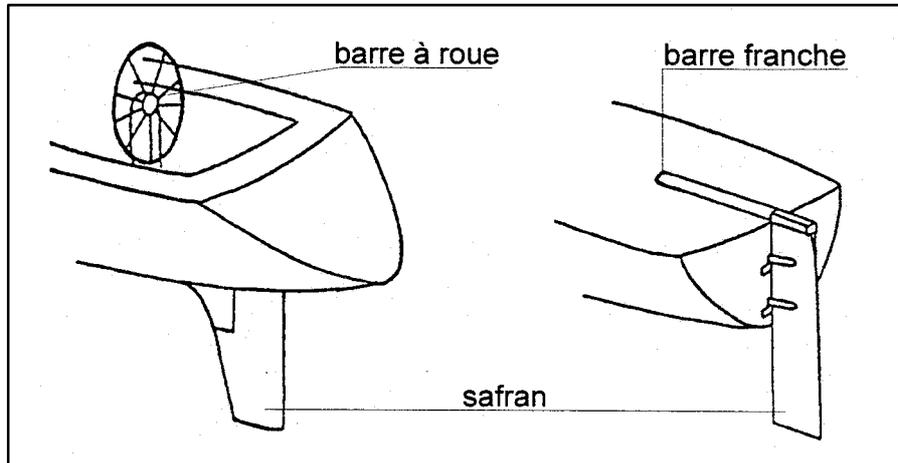
Dossier technique

<u>A - PRÉSENTATION DU SYSTÈME</u>	1
<u>B - ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OBJET TECHNIQUE</u>	1
I - FONCTION D'USAGE	1
II - DIAGRAMME A-0	2
III - DIAGRAMME A0	2
IV - CARACTÉRISTIQUES DE PILOTE AUTOMATIQUE TP300	2
V - PRINCIPE DE SUIVI D'UN CAP	4
VI - SCHÉMA FONCTIONNEL DE 1ER DEGRÉ DE LA PARTIE COMMANDE	5
VII- DESCRIPTION DES ENTRÉES / SORTIES DES FONCTIONS PRINCIPALES	5
<u>C - DOCUMENTS TECHNIQUES RELATIFS AUX DIFFÉRENTES FONCTIONS</u>	7
I - DESSIN D'ENSEMBLE DU PILOTE TP300	7
II - NOMENCLATURE DU DESSIN D'ENSEMBLE	8
III- CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MOTEUR MABUCHI RS-775SH	9
III- MESURE ET AFFICHAGE DE LA DIRECTION DU VENT	10
IV - FONCTION CAPTAGE DE LA POSITION DE LA BARRE (FP3)	11
IV - FONCTION CONVERSION ANALOGIQUE NUMÉRIQUE (FP4) ET TRAITEMENT NUMÉRIQUE (FP6)	12

A. PRÉSENTATION DU SYSTÈME

Un bateau est dirigé à l'aide d'un gouvernail constitué :

- Du safran au contact avec l'eau.
- De la mèche qui est l'axe du gouvernail.
- D'une barre à roue utilisée comme un volant ou d'une barre franche manoeuvrée en poussant ou en tirant.

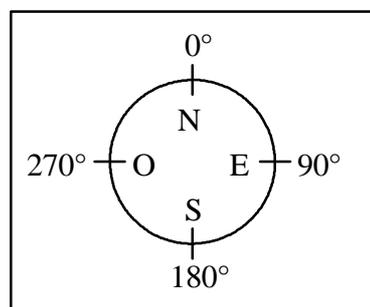


Pour aller d'un point à un autre, le barreur doit suivre, sur le compas de route, le cap* qu'il aura déterminé (à l'aide d'un rapporteur sur une carte marine).

Un bateau et en particulier un voilier est difficile à diriger en ligne droite car des perturbations (courants, vagues, variations de la force du vent) le font dévier de sa route.

Dans ces conditions, un barreur ne pourra maintenir le cap que pendant un temps relativement court (1 à 2 heures), d'où l'intérêt, pour de longues distances, d'utiliser un pilote automatique relié à la barre.

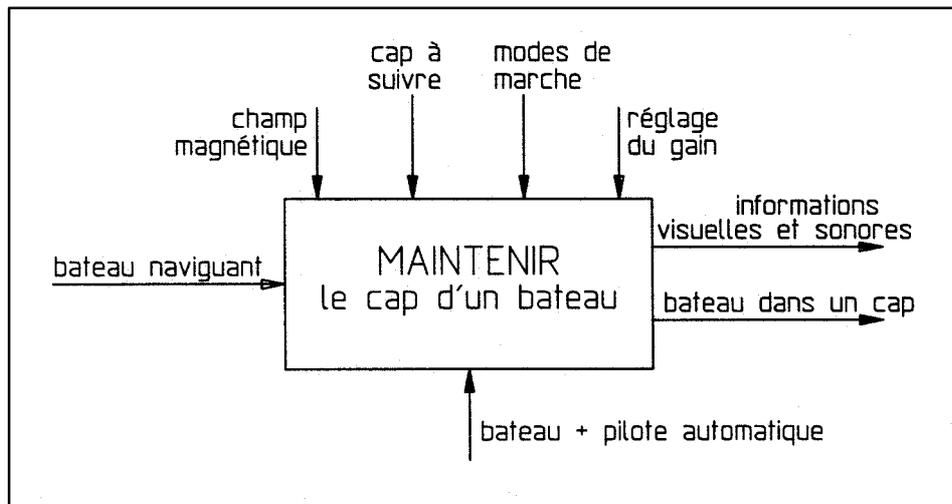
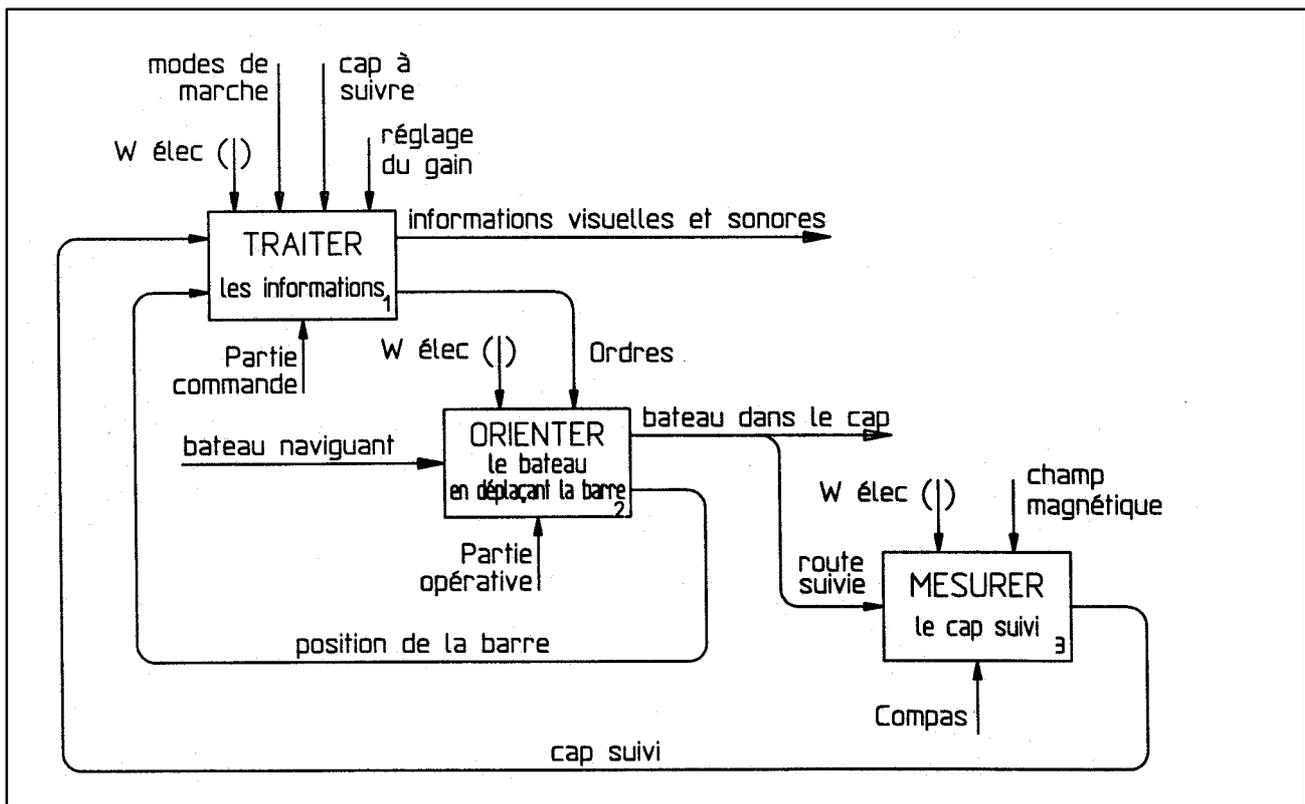
* Le cap est l'angle mesuré entre la direction du Nord magnétique et la route du bateau. Par convention le Nord magnétique correspond à 0° , l'Est à 90° , le Sur à 180° et l'ouest à 270° avec toutes les valeurs possibles entre 0° et 360° :



B. ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OBJET TECHNIQUE

I. FONCTION D'USAGE

La fonction du pilote automatique est de maintenir le bateau dans le cap fixé.

II. DIAGRAMME A-O**III. DIAGRAMME AO****IV. CARACTÉRISTIQUES DU PILOTE AUTOMATIQUE TP300**

Le pilote automatique TP300 est un ensemble compact qui comprend :

- Un capteur compas "fluxgate".
- Un vérin électrique à vis qui manoeuvre la barre franche.
- Une carte électronique qui réalise la commande du moteur à courant continu du vérin.

1. MONTAGE

Le pilote automatique se fixe sur le banc comme illustré ci-après. La tige du vérin est liée à la barre par dessus ou par dessous. Le pilote doit être installé horizontalement et former un angle droit avec la barre en position centrale (vérin à mi-course).

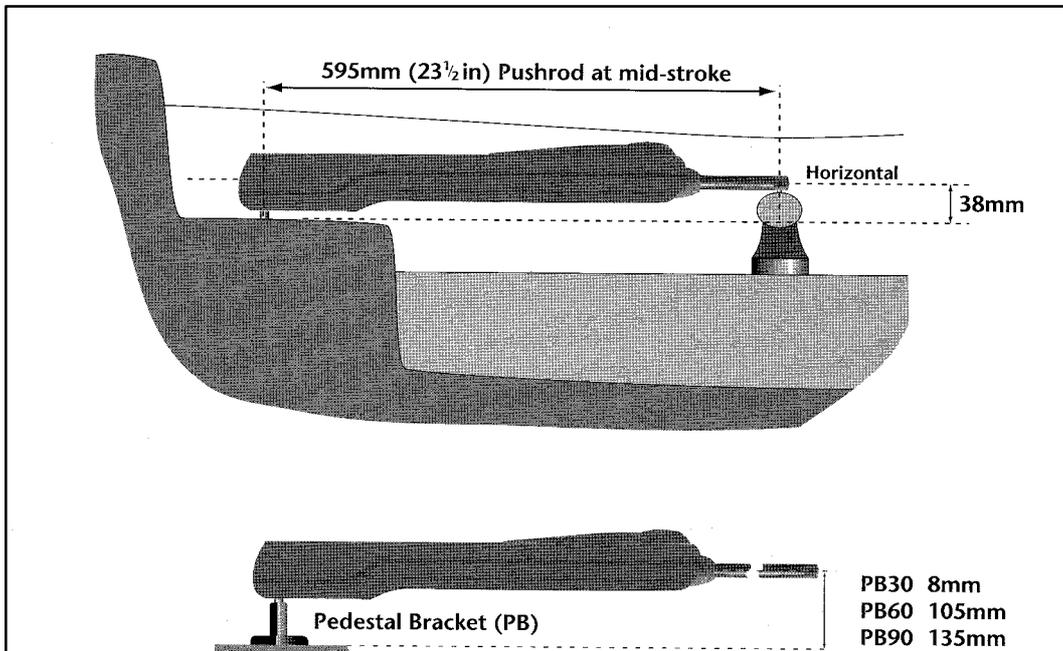


Fig 5.2 - Installation, cross section

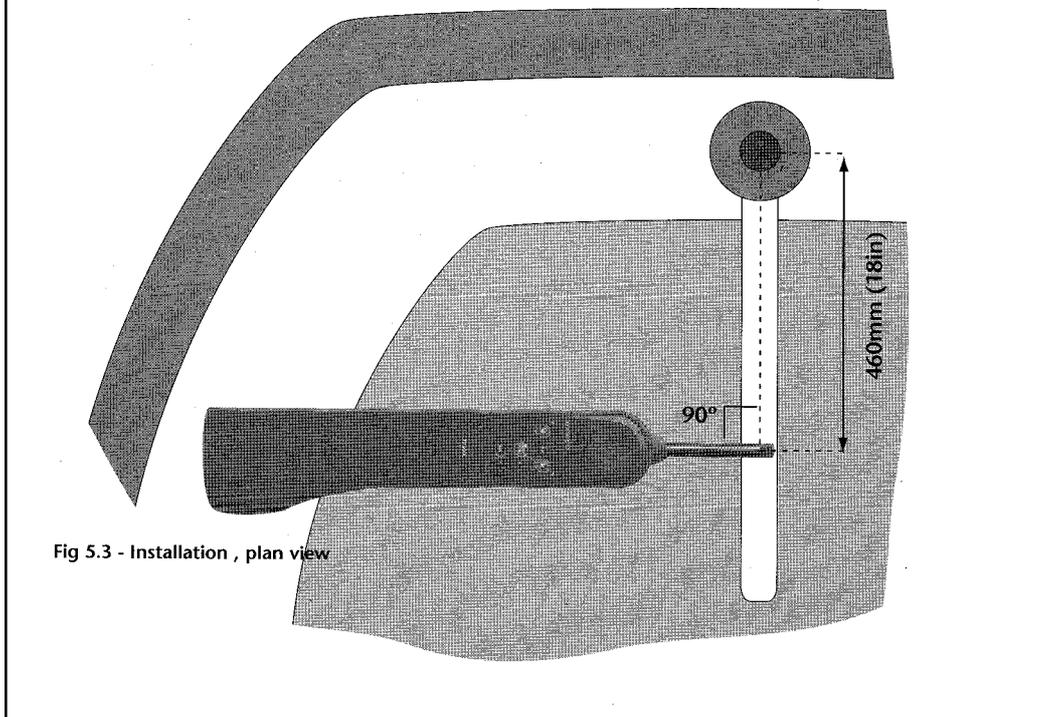


Fig 5.3 - Installation, plan view

2. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

ALIMENTATION	10 à 16 V =
CONSOMMATION MOYENNE	500 mA
BUTÉE À BUTÉE	4,2 s
POUSSÉE EFFECTIVE	85 kg
COURSE DU VÉRIN	250 mm

V. PRINCIPE DU SUIVI D'UN CAP

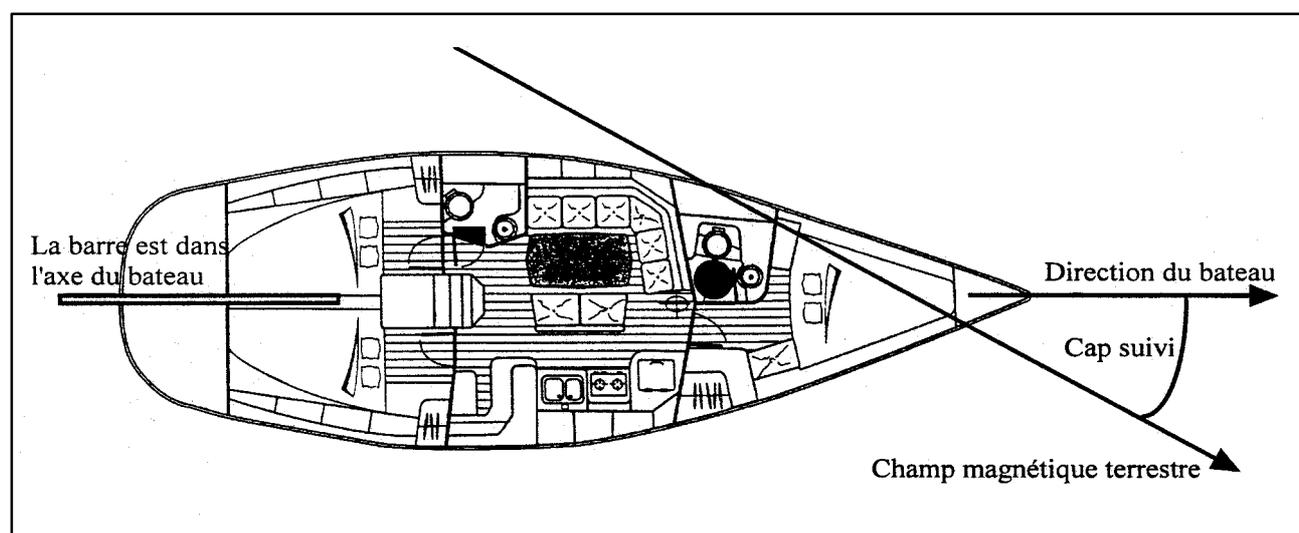
Le pilote automatique a pour rôle de maintenir automatiquement le cap suivi par un bateau, et ce quel que soit l'état de la mer et du vent. Dans ce but, il agit sur la position du gouvernail dès qu'il détecte un écart entre le cap suivi et le cap fixé.

Lorsque le bateau, piloté manuellement par le barreur, est dans son cap, la barre est dans l'axe du bateau. Dès que le barreur relie le pilote à la barre et le fait passer en mode de pilotage automatique, le cap suivi est lu et mémorisé comme cap à suivre.

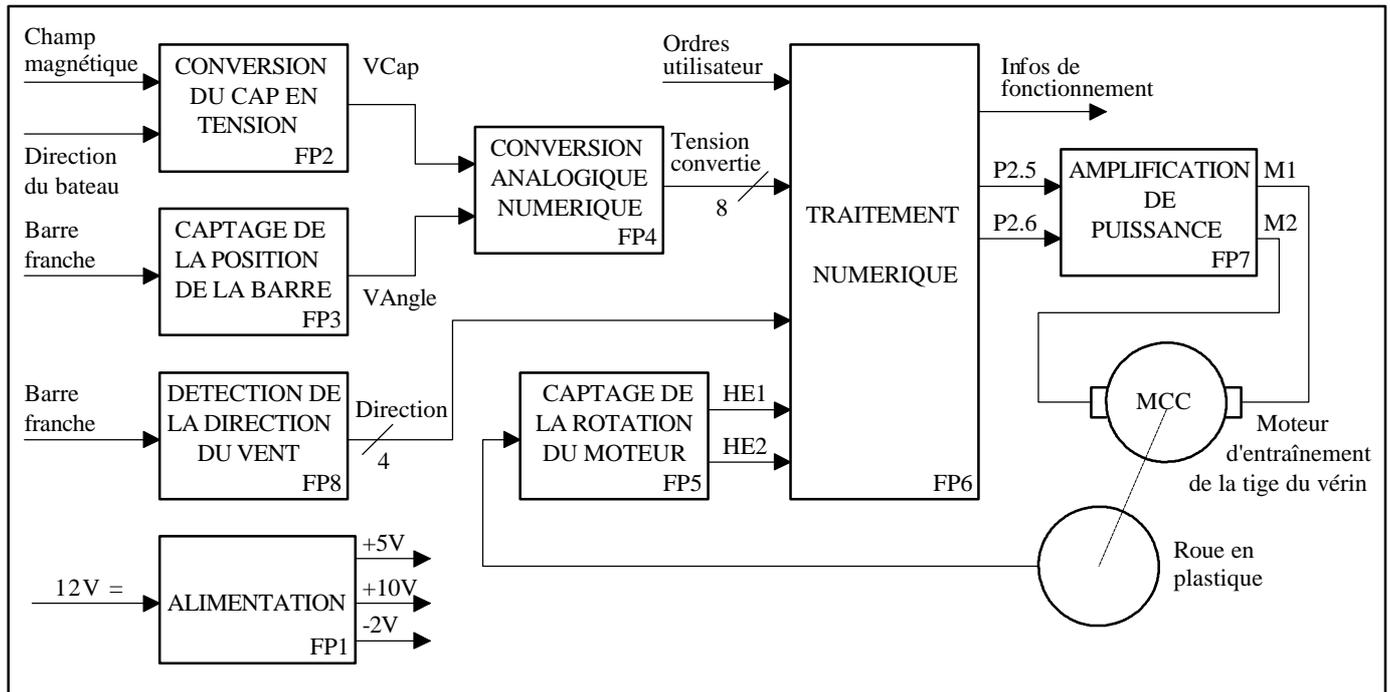
Le pilote automatique relève ensuite régulièrement le cap suivi et le compare au cap à suivre. S'il détecte un écart entre ces deux valeurs il pousse ou tire sur la barre de façon à provoquer une rotation du bateau jusqu'à ce qu'il retrouve son cap. La barre est manoeuvrée par un vérin électrique à vis (entraîné par un moteur à courant continu).

Le pilote automatique réalise cet asservissement par un microcontrôleur qui produit les signaux de commande du moteur en fonction du programme et des informations issues des capteurs :

- Le cap suivi est déterminé grâce à un compas spécial (intégré au pilote).
- La position angulaire de la barre est captée par un potentiomètre dont le curseur est fixé à la barre au niveau de l'axe de rotation.
- Deux capteurs inductifs (à effet Hall) permettent de déterminer la vitesse et le sens de rotation du moteur à courant continu.



VI. SCHÉMA FONCTIONNEL DE 1ER DEGRÉ DE LA PARTIE COMMANDE



VII. DESCRIPTION DES ENTRÉES / SORTIES DES FONCTIONS PRINCIPALES

ALIMENTATION (FP1) :

Entrée :

- Tension continue +12V issue de la batterie.

Sorties :

- +5V, tension continue d'alimentation des circuits logiques.
- +10 / -2V, tensions continues d'alimentation des ALI.

CONVERSION DU CAP EN TENSION (FP2) :

Entrées :

- Champ magnétique terrestre.
- Direction du bateau.

Sortie :

- VCap : tension continue variable de 0 à 5V proportionnelle au cap suivi par le bateau (cap entre 0° et 360°).

CAPTAGE DE LA POSITION DE LA BARRE (FP3) :

Entrée :

- Position de la barre franche manoeuvrée par le vérin du pilote automatique.

Sortie :

- VAngle : tension continue variable de 0 à 5V proportionnelle à l'angle de la barre (16° de part et d'autre de l'axe du bateau).

CONVERSION ANALOGIQUE NUMÉRIQUE (FP4) :

Entrée :

- Tension à convertir : VCap, VAngle (tensions continues comprises entre 0 et 5V).

Sortie :

- Tension convertie signal numérique codé sur 8 bits dont la valeur est proportionnelle à la valeur de la tension d'entrée.

CAPTAGE DE LA ROTATION DU MOTEUR (FP5) :

Entrée :

- Position de la poulie réceptrice (montée sur l'axe de la vis d'entraînement).

Sortie :

- HE1, HE2 : signaux logiques qui passent au niveau haut pour chaque tour de la poulie (décalés d'un demi tour).

TRAITEMENT NUMÉRIQUE (FP6) :

Cette fonction a pour rôle de :

- Mémoriser le cap à suivre.
- Générer les signaux de commande du moteur à courant continu (qui agit sur la barre pour retrouver le cap à suivre) à partir de la mesure informations reçues des capteurs (cap suivi, position de la barre, position de la tige du vérin).
- Gérer l'acquisitions des infos issues des capteurs.
- Recevoir les ordres et produire les signaux d'information à destination de l'utilisateur.

AMPLIFICATION DE PUISSANCE (FP7) :

Cette fonction réalisée par 4 transistors en commutation (pont en H) adapte la tension au niveau exigé par le MCC, fournit le courant nécessaire et permet l'inversion du sens de rotation du moteur.

Entrées :

- P2.5 et P2.6 : Informations logiques issues du microcontrôleur pour commander la vitesse et le sens de rotation du moteur en fonction des informations reçues.

Sorties :

- Les bornes M1 et M2 sont reliées au MCC et assurent son alimentation (tension et courant) pour obtenir une rotation dans les deux sens.

DÉTECTION DE LA DIRECTION DU VENT (FP8) :

Entrée :

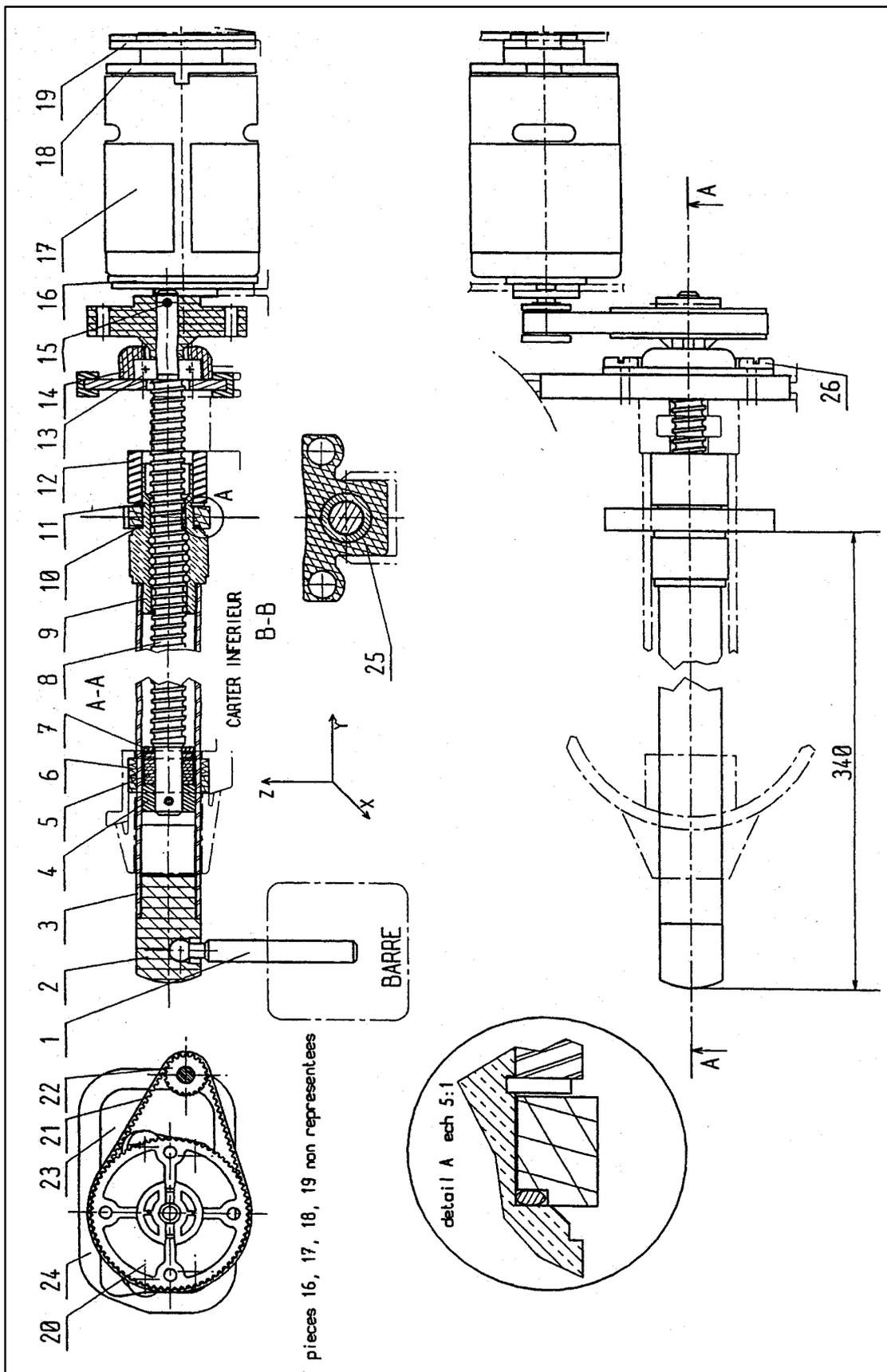
- Vent capté par une girouette.

Sortie :

- Direction : signal logique codé sur 4 bits représentatifs de la direction du vent.

C· DOCUMENTS TECHNIQUES RELATIFS AUX DIFFÉRENTES FONCTIONS

I· DESSIN D'ENSEMBLE DU PILOTE TP300



II. NOMENCLATURE DU DESSIN D'ENSEMBLE

26	4	Vis CL S, M4-8	Z 6 CN 18-09
25	1	Guide	Nylon
24	1	Joint de maintien	Santoprène
23	1	Plaque support mécanisme	Z 2 CN 18-10
22	1	Poulie motrice	Zamak 3
21	1	Courroie crantée	Polychloroprène
20	1	Poulie receptrice	Polyamide
19	1	Support arrière de moteur	Santoprène
18	1	Plaque arrière moteur	ABS
17	1	Moteur électrique 12 cc	Mabuchi
16	1	Support avant de moteur	Santoprène
15	2	Goupille élastique	Z 30 C 13
14	1	Boitier de roulement	Nylon
13	1	Roulement à billes	6 BC 02
12	1	Butée arrière	Santoprène
11	1	Anneau élastique	Cu Be 2
10	1	Joint torique 14x1,78	Perbunan
9	1	Ecrou à billes	Z 6 CND 17-11
8	1	Vis d'entraînement	pas = 3 mm
7	1	Guide arrière de vis	Perbunan
6	2	Joint d'étanchéité	Silicone
5	1	Entretoise	Butadiène
4	1	Guide avant de vis	Perbunan
3	1	Tige de vérin	Anodisation grise
2	1	Nez de vérin	POM gris
1	1	Axe de liaison	Z 2 CN 18-10
Repère	Nombre	Désignation	Observation

III. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MOTEUR MABUCHI RS-775SH

1. CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Tension d'utilisation (U_m) : 24 V
 Résistance (R) : 1,2 Ω
 Constante de couple (k) : 0,024 Nm/A

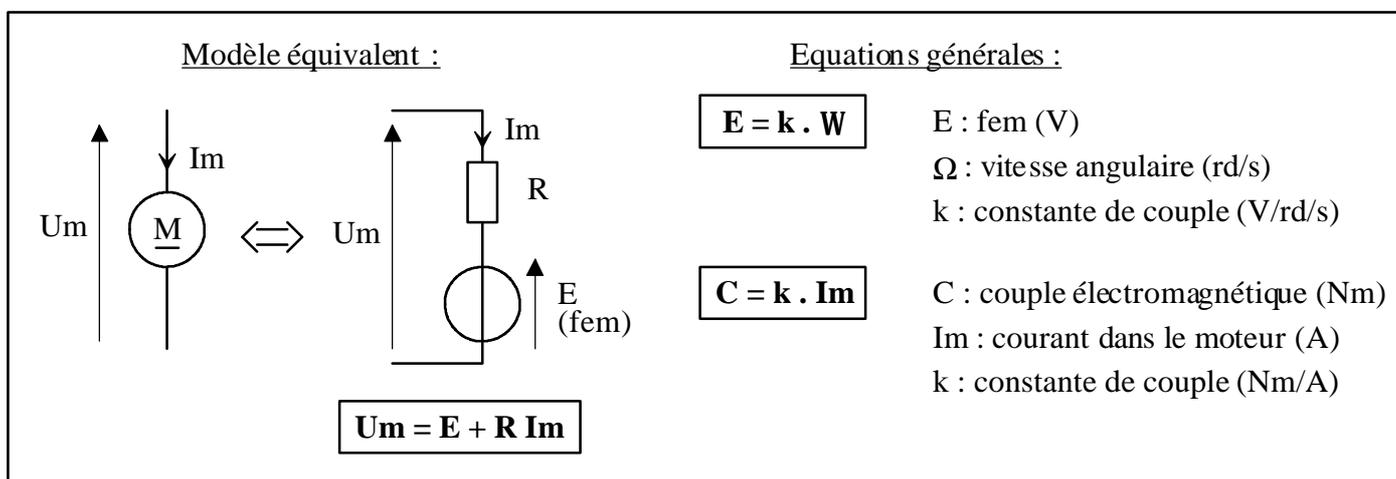
Caractéristiques (à vide) :
 Vitesse de rotation (N) : 8950 (tr/min)
 Courant (I_m) : 0,7 A

Caractéristiques (au rendement maximum) :
 Vitesse de rotation (N) : 7500 (tr/min)
 Couple (C_u): 0,07 Nm
 Courant (I_m) : 3,3 A
 Rendement (η) : 69 %
 Puissance utile (P_u) : 55 W



2. MODÈLE ÉQUIVALENT

Le moteur à courant continu est équivalent à une force électromotrice (fem E) en série avec une résistance interne R (induit) :



3. RELATIONS

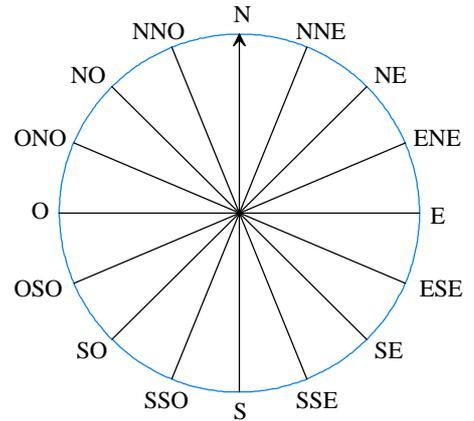
La force électromotrice (fem E) d'un moteur à courant continu est proportionnelle à la vitesse de rotation. Si la vitesse est nulle, la fem est nulle aussi.

La constante de couple k peut être exprimée en Nm/A ou en V/rd/s.

Le couple C est proportionnel au courant dans le moteur. Attention : C désigne le couple électromagnétique et n'est égal au couple utile disponible sur l'arbre moteur C_u que si les pertes constantes (pertes par frottement et pertes magnétiques) sont négligées.

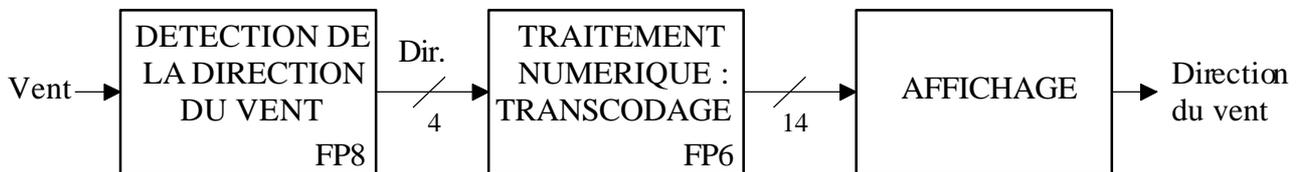
IV. MESURE ET AFFICHAGE DE LA DIRECTION DU VENT

Le pilotage d'un voilier à barre franche peut se faire soit en gardant un cap fixe par rapport au champ magnétique terrestre, soit en gardant l'angle de route du bateau par rapport au vent constant. Ce "pilotage au vent" nécessite une connaissance de la direction du vent par le pilote automatique. La détection de la direction du vent est assurée par une girouette placée en tête du mat du voilier.



La direction du vent est décomposée en 16 secteurs de 22,5° chacun (rose des vents). Chaque secteur est désigné par une combinaison des quatre points cardinaux Nord (N), Est (E), Sud (S) et Ouest (O) :

1. CHAÎNE DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION



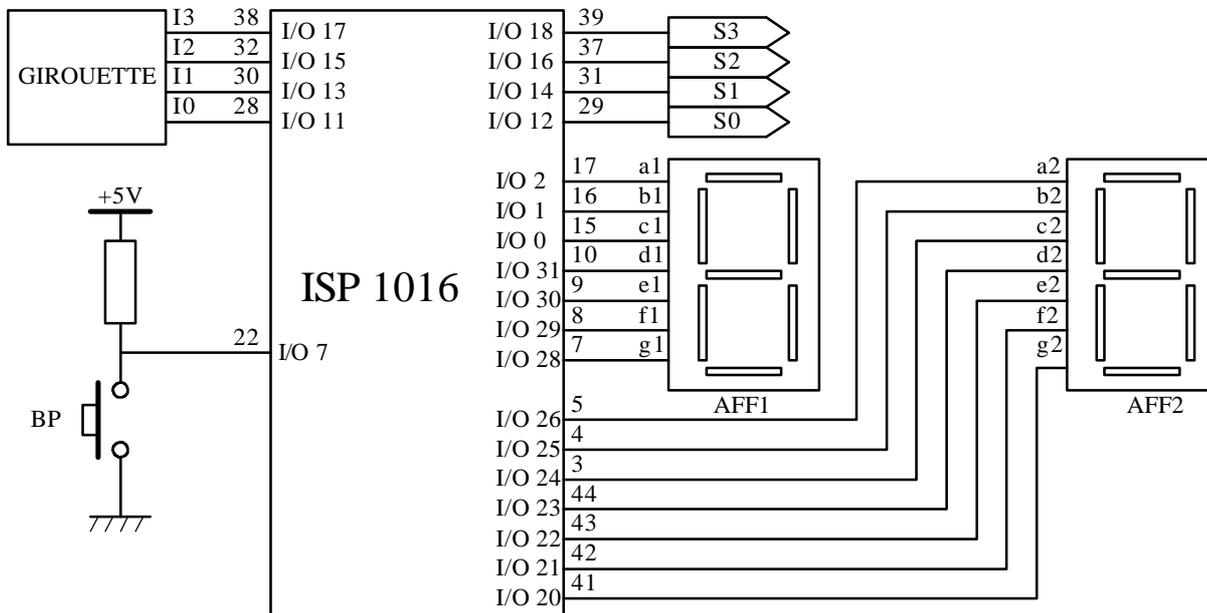
2. PRÉSENTATION DES FONCTIONS

La DÉTECTION DE LA DIRECTION DU VENT est assurée par une girouette. Celle-ci fournit une information logique codée sur 4 bits représentative de la direction du vent.

Le TRANSCODAGE, réalisé ici par un circuit logique programmable, traduit le code issu de la girouette en une information pouvant être lue sur des afficheurs à 7 segments.

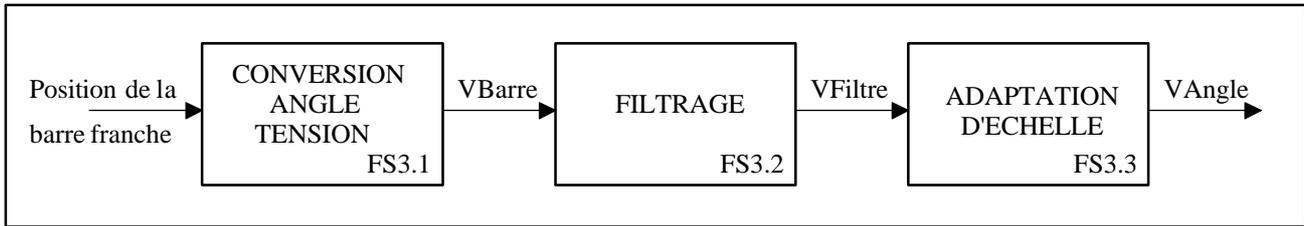
L'AFFICHAGE de la direction du vent (secteur) est visible sur 3 afficheurs. Attention ! la maquette utilisée ne possédant que 2 afficheurs, la direction du vent ne pourra être désignée que par 8 secteurs.

3. SCHÉMA STRUCTUREL SIMPLIFIÉ DE LA MAQUETTE.



V. CAPTAGE DE LA POSITION DE LA BARRE (FP3)

1. SCHÉMA FONCTIONNEL DE SECOND DEGRÉ DE FP3



2. PRÉSENTATION DES FONCTIONS SECONDAIRES DE FP3

- CONVERSION ANGLE / TENSION (FS3.1) convertit l'angle de la barre en une tension continue proportionnelle V_{Barre} . Cette tension est prélevée aux bornes d'un potentiomètre dont le curseur est fixé à la barre au niveau de son axe de rotation.

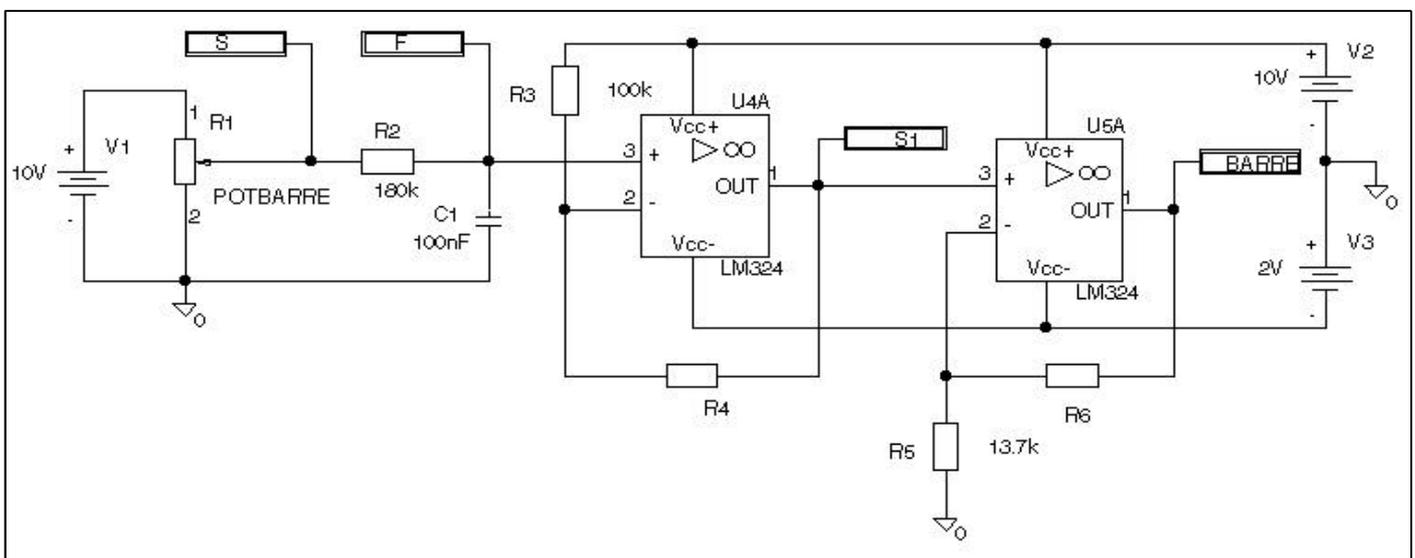
- FILTRAGE (FS3.2) : élimine les signaux parasites (de haute fréquence) qui peuvent s'ajouter à la tension V_{Barre} . Ces signaux pourraient perturber la mesure de l'angle.

La position de la barre évoluant assez lentement, la fréquence du signal V_{Barre} reste dans la bande passante du filtre. La tension V_{Filtre} est donc identique à la tension V_{Barre} aux bornes du capteur (les signaux parasites en moins).

- ADAPTATION D'ÉCHELLE (FS3.3) : La tension V_{Angle} issue de cette fonction est convertie en un nombre binaire codé sur 8 bits. Cette conversion est réalisée par un convertisseur analogique numérique (FP4) qui peut convertir des tensions d'entrée comprises entre 0 et 5V. Pour améliorer la précision de la chaîne de mesure, on réalise une adaptation d'échelle pour faire correspondre :

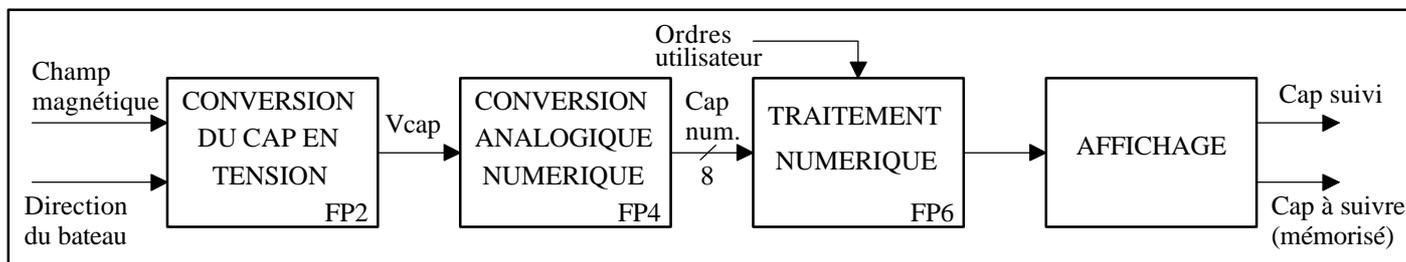
- A l'angle min. de la barre ($\alpha = -16^\circ$), la tension $V_{Angle} = 0$.
- A l'angle max. de la barre ($\alpha = +16^\circ$), la tension $V_{Angle} = 5V$.

3. SCHÉMA STRUCTUREL



VI. CONVERSION ANALOGIQUE NUMÉRIQUE (FP4) ET TRAITEMENT NUMÉRIQUE (FP6)

1. CHAÎNE DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION



2. PRÉSENTATION DES FONCTIONS

CONVERSION DU CAP EN TENSION (FP2) : Cette fonction est réalisée par un compas magnétique. Elle fournit une tension V_{cap} , continue variable de 0 à 5V proportionnelle au cap suivi par le bateau (entre 0° et 360°).

CONVERSION ANALOGIQUE NUMÉRIQUE (FP4) : Convertit la tension continue V_{cap} en un nombre codé sur 8 bits (proportionnel).

TRAITEMENT NUMÉRIQUE (FP6) : Cette fonction a pour rôle de :

- Gérer l'acquisition du cap suivi par le bateau.
- Mémoriser le cap à suivre.
- Produire les signaux de commande de l'afficheur pour afficher ces informations.

Les fonctions FP4 et FP6 sont réalisées par le micro contrôleur 68HC11 et le programme associé. La carte afficheur est connectée à la carte "initiation". La fonction CONVERSION DU CAP EN TENSION (FP2) qui produit la tension V_{cap} est simulée à l'aide du potentiomètre R1.

3. DESCRIPTION DES ENTRÉES ET SORTIES UTILISÉES SUR LA CARTE D'INITIATION

ENTRÉES :

- PE0 : reçoit la tension V_{cap} .
- PE1 est commandé par l'interrupteur STBY / AUTO qui permet de mémoriser le cap à suivre:
 - PE1 = '1' quand l'interrupteur est enfoncé.

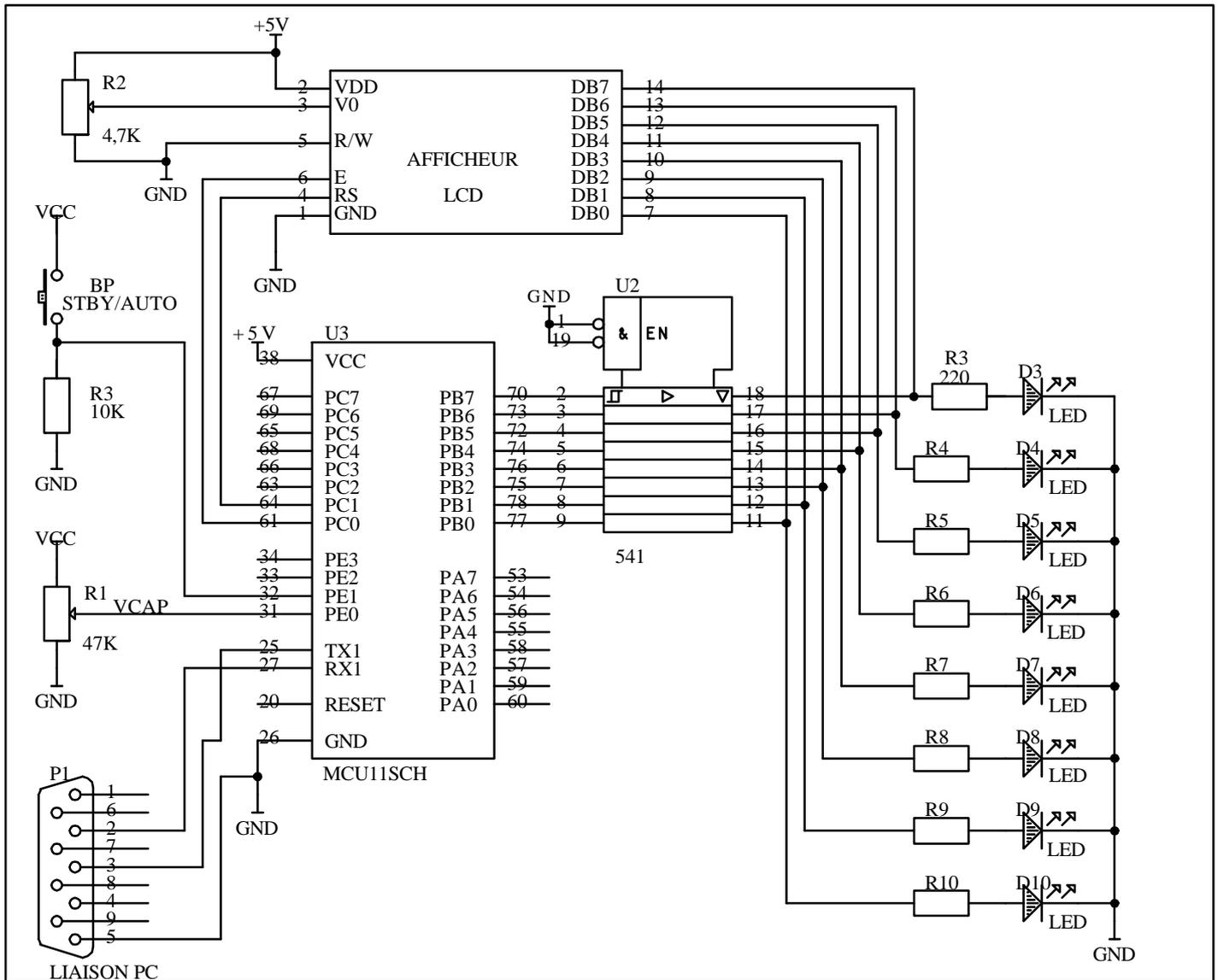
SORTIES :

- Les 8 bits du PORTB qui remplissent deux fonctions :
 - Visualiser le contenu du registre ADR1. Il contient le résultat de la conversion analogique numérique de la tension V_{cap} .
 - Véhiculer le code des caractères à afficher vers le bus de données de l'afficheur (DB0 à DB7).

- PC0 : Sélectionne le registre de commande ou le registre de données de l'afficheur.
 - PC0 = '0' : sélection du registre de commande.
 - PC0 = '1' : sélection du registre de données.

- PC1 : Synchronise le transfert des données sur le bus de donnée de l'afficheur.

4. SCHEMA STRUCTUREL DE CARTE AFFICHEUR



5. PRÉSENTATION DE L’AFFICHEUR À CRISTAUX LIQUIDES LCD

Cet afficheur possède 2 x 20 caractères de 5 x 8 points.

2.1- Configuration de l’afficheur

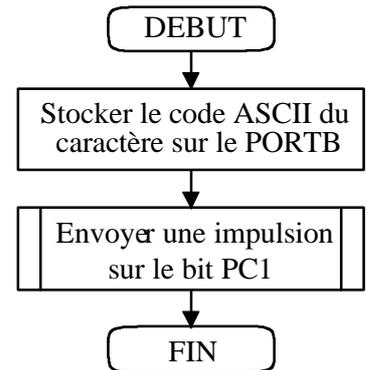
La configuration de l’afficheur, réalisée par le sous prog. CONFLCD n’est pas étudiée dans ce T.P. Elle permet notamment de fixer le nombre de lignes utilisées pour l’affichage (1 ou 2), de positionner le curseur, de rendre celui-ci visible ou non...

2.2- Affichage d’un caractère

L’affichage des caractères s’obtient **en transférant dans le registre de données de l’afficheur** (avec PC0=1) **le code ASCII du caractère à afficher** (donné à la page suivante) selon l’ordinogramme suivant :

NB: Pour afficher plusieurs caractères, il faut répéter l’ordinogramme.

L’envoi de l’impulsion sur le bit PC1 est réalisée par le sous programme IMPULS.



2.3- Tableau des codes ASCII (en binaire) des caractères pour l’afficheur LCD

Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)		0	a	P	`	P				-	9	3	a	p	
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q			.	7	4	a	q	
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r			"	i	u	x	p	o
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s			"	u	t	e	e	w
xxxx0100	(5)		\$	4	D	T	d	t			,	i	t	t	m	o
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u			.	o	n	u	o	u
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v			"	k	a	n	i	o
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w			"	k	a	n	i	o
xxxx1000	(1)		(	8	H	X	h	x			"	u	n	e	r	i
xxxx1001	(2)		)	9	I	Y	i	y			"	u	n	e	r	i
xxxx1010	(3)		*	:	J	Z	j	z			"	i	o	n	e	r
xxxx1011	(4)		+	;	K	[	k	[			"	o	s	a	i	o
xxxx1100	(5)		,	<	L	¥	l	l			"	a	s	i	f	w
xxxx1101	(6)		-	=	M	]	m	]			"	u	s	h	n	e
xxxx1110	(7)		.	>	N	^	n	^			"	o	s	e	h	o
xxxx1111	(8)		/	?	O	_	o	_			"	u	s	a	i	o

Note: The user can specify any pattern for character-generator RAM.