

UNIVERSITE DES SCIENCES  
ET TECHNIQUES DE LILLE

50376  
1982  
31

N° d'ordre: 301

50376  
1982  
31

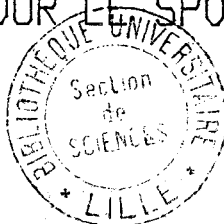
# THESE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR INGENIEUR

par  
Antoine VERNEY

Ingénieur I.D.N.

ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTEME MICROPROGRAMME  
D'ACQUISITION DE DONNEES METEOROLOGIQUES ,  
EMBARQUABLE SUR VEDETTE .  
APPLICATION A L'ETUDE DES PLANS D'EAU  
UTILISES POUR LE SPORT DE LA VOILE



Présentée à Lille le: 22 juin 1982

Membres du Jury:	R. GABILLARD	président, rapporteur
	P. DEGAUQUE	examineur
	J.C. GENTINA	examineur
	F. LOURAGE	examineur
	R. TROTTEIN	examineur

Ce travail a été effectué au laboratoire d'électronique et de radiopropagation de l'Université des Sciences et Techniques de Lille. Je remercie particulièrement le Professeur Robert GABILLARD qui m'a proposé ce sujet de thèse et qui m'a prodigué de précieux conseils tout au long de mon étude.

Messieurs les Professeurs Pierre DEGAUQUE et Francis LOUAGE ont bien voulu accepter de faire partie de mon jury. Qu'ils en soient ici remerciés.

Monsieur le Professeur Jean-Claude GENTINA, Directeur des études de l'Institut Industriel du Nord, participe également à ce jury. Je lui exprime mes remerciements.

Je tiens à remercier vivement Monsieur Robert TROTTEIN, Sous-Directeur de la promotion sportive au Ministère délégué à La Jeunesse et aux Sports qui a bien voulu me faire l'honneur de juger ce travail.

J'exprime aussi ma reconnaissance à Monsieur Jacques BAUDET, ingénieur CNRS, qui m'a apporté une aide précieuse, lors de la conception et de la réalisation de mes travaux.

Enfin je remercie également tous les membres du service électronique et de l'atelier de mécanique qui ont collaboré à la réalisation du système, ainsi que les membres du personnel administratif pour son aide sympathique.

Cette thèse a également été effectuée en collaboration avec la Fédération Française de Voile qui est l'utilisatrice des résultats, et en particulier avec Philippe GRANDOU, Directeur Technique National, et Philippe GOUARD, entraîneur national délégué à la recherche, qui a participé de près au développement de ces travaux. Qu'il me soit permis ici de les remercier ainsi que les coureurs, qui, lors de nos différentes campagnes de mesures ont manifesté leur intérêt pour le système réalisé.

## SOMMAIRE

---

---

## S O M M A I R E

-----

### INTRODUCTION

### CHAPITRE I : LE SYSTEME D'ACQUISITION

#### I.1. Descriptif général de la chaîne de mesures

#### I.2. Les capteurs

##### I.2.1. Le speedomètre

##### I.2.2. Le compas

##### I.2.3. La girouette et l'anémomètre

##### I.2.4. Le capteur d'ensoleillement

##### I.2.5. Les capteurs de température

##### I.2.6. Le baromètre

#### I.3. La centrale d'acquisition et l'enregistreur numérique

##### I.3.1. La centrale d'acquisition

##### I.3.2. L'enregistreur numérique à cartouches magnétiques

#### I.4. L'accès en temps réel à l'information

##### I.4.1. Afficheurs à cristaux liquides

##### I.4.2. Afficheurs analogiques

##### I.4.3. Enregistreurs papier

### CHAPITRE II : LE SYSTEME DE TRAITEMENT

#### II.1. Architecture

#### II.2. Transfert des enregistrements numériques

#### II.3. Synoptique des mesures

#### II.4. Restitution du vent réel, méthodes de filtrage

II.5. Restitution de la trajectoire, courants

II.6. Autre application : suivi de planches à voile

### CHAPITRE III : BANC DE MESURE DU COUPLE DE RAPPEL

III.1. La mesure du couple et l'électronique associée

III.2. Couplage du banc à un ordinateur et résultats

### CONCLUSION

### BIBLIOGRAPHIE

### ANNEXES

- Annexe      I : Procédé d'identification des capteurs  
              II : Interface du speedomètre  
              III : Interface du capteur d'ensoleillement  
              IV : Interface des capteurs de température  
              V : Implantation mécanique du capteur de température d'eau  
              VI : Interface du baromètre  
              VII : Transfert des données : Enregistreur → Calculateur  
              VIII : Synoptique de mesures  
              IX : Programme de restitution du vent réel  
              X : Programme de mesure du courant  
              XI : Programme de restitution de la trajectoire  
              XII : Programme de suivi de planches à voile  
              XIII : Programme de gestion par ordinateur du banc de mesures  
                      du couple de rappel

## INTRODUCTION

## INTRODUCTION

-----

### I - ORIGINE DE LA RECHERCHE

Le travail que nous avons entrepris au Laboratoire d'Electronique et de Radiopropagation du Professeur GABILLARD est issu de ses recherches précédemment effectuées sur le Sport de la Voile.

En effet, il a été réalisé au Laboratoire une instrumentation complète à bord d'un dériveur de série olympique baptisé "470 labo", spécialement construit pour la circonstance : les capteurs installés à bord reliés à un microordinateur permettaient d'objectiver le comportement des différents équipages, qu'ils soient des espoirs de l'Equipe de France ou des champions confirmés français ou même étrangers (on se reportera à la référence 1, réalisée par Christian DEVAUX).

Mais en plus des observations obtenues sur le barreur et son équipier, l'équipe de recherche grâce à l'enregistrement de la girouette, de l'anémomètre, du compas et du speedomètre, a pu ressortir en temps différé des études et des tracés sur le vent réel (reconstitué par la résolution du triangle des vitesses :  $\text{Vent apparent} - \text{Vitesse du bateau}$ ). Le "470 labo" par le truchement de ses capteurs était donc également devenu une station de micro-météorologie, état de fait qu'il ne revendiquait pas au départ. Nous n'en voudrions pour preuve que le scénario suivant qui s'est déroulé durant le Championnat du Monde 1979 des "Europe" : pendant les premières manches de l'épreuve, il a été procédé à l'enregistrement numérique des capteurs du "470 labo". Dans la soirée, un ordinateur restituait les variations du vent réel et faisait notamment apparaître certaines constantes dans les tracés, comme par exemple la répétition de blocs de vent durant 4 minutes, constitués d'un viring suivi d'un backing avec faiblissement dans le backing et renforcement dans le viring ; les conditions météorolo-

.../...

giques semblant se répéter de façon analogue avant le départ de la 5ème manche, les entraîneurs et coureurs en ont été informés lors du briefing d'avant départ. A l'issue de cette manche, les 4 premières places sont revenues aux français. On se rend compte de l'impact, sans doute en partie psychologique, de la possession d'un tel outil.

Toutefois, l'instrumentation réalisée n'était pas sans quelques défauts :

- difficulté de connaître la direction précise du vent à cause des torsions de mât engendrées par le vent par l'intermédiaire des forces exercées sur les voiles : ce point a fait l'objet d'une étude particulière d'Alain CLAVEL (référence 2) qui a fourni la courbe de torsion fonction de la vitesse du vent. Cette torsion étant de plusieurs degrés et s'ajoutant lors des virements de bord, il devenait donc nécessaire d'avoir un support fixe pour la girouette.
- impossibilité de se déplacer rapidement sur le plan d'eau pour effectuer des mesures ou informer les coureurs.
- Non connaissance du vent réel en temps réel.

Le Professeur GABILLARD a alors pensé à équiper une vedette d'un nouveau système complété de capteurs spécifiquement météorologiques mesurant les paramètres physiques pouvant influencer les variations du vent. C'est ainsi qu'est né le projet de vedette d'études micrométéorologiques, en plein accord avec la direction technique de la Fédération Française de Voile (F.F.V.) et qui constitue le sujet de notre présente thèse.

## II - OBJECTIFS DE CONCEPTION ET DE FABRICATION

Les contraintes de réalisation nous sont dictées par les nécessités suivantes :

- connaître avec précision la direction et la vitesse du vent réel en fonction du temps et de la position sur le plan d'eau (par exemple, nous suivons



une régate : il faut pouvoir montrer rapidement aux coureurs, dès leur retour à terre, ce qu'il s'est passé exactement pour qu'ils le comparent à leurs sensations). D'où la nécessité de savoir *en temps réel* : la position de la vedette, le vent réel, ce qui implique une conversion précise vent apparent  $\Rightarrow$  vent réel par la résolution du classique triangle des vitesses)

- corrélér les données sur le vent avec les autres grandeurs météorologiques telles que pression, températures et ensoleillement.
- enregistrer le tout sur support magnétique directement exploitable par un ordinateur.
- visualiser pour l'entraîneur en temps réel ces différentes informations afin qu'il puisse les communiquer aux coureurs.

Ces différents points font l'objet du premier chapitre qui traite la réalisation du système d'acquisition :

- Etude et réalisation des capteurs.
- Centrale d'acquisition et enregistreur numérique.
- Visualisation de l'information par afficheurs analogiques, afficheurs à cristaux liquides et traceurs graphiques.

### III - APPLICATIONS

#### a) Etude du geste sportif

\* La "vedette météo" est un outil d'accompagnement pour les coureurs : elle fournit à l'entraîneur des données précises sur le vent. Nous pouvons ainsi montrer aux coureurs leur trajectoire et le vent qu'ils ont rencontré, d'où, pour eux, la possibilité d'améliorer leur stratégie.

\* Elle permet, d'autre part, pour le suivi des planches à voile, d'étudier de façon objective le comportement du véliplanchiste : la vedette suit la planche à voile et nous reconstituons ainsi la trajectoire de celle-ci et son angle de remontée au vent, du moins sa valeur moyenne (pour filtrer les petits écarts de route de la vedette).

b) Etude du vent

A partir des enregistrements obtenus, nous pouvons effectuer des essais de prévision de la répartition du vent sur un plan d'eau :

La météorologie n'étant pas le fait du laboratoire (nous avons simplement construit l'outil nécessaire à sa compréhension), nous nous bornerons ici à présenter succinctement les deux possibilités d'utilisation de la vedette sur un plan d'eau. Ces différents points et l'interprétation que l'on pourra en faire sont actuellement étudiés plus précisément par Philippe GOUARD, entraîneur national de la F.F.V., chargé des problèmes de recherche.

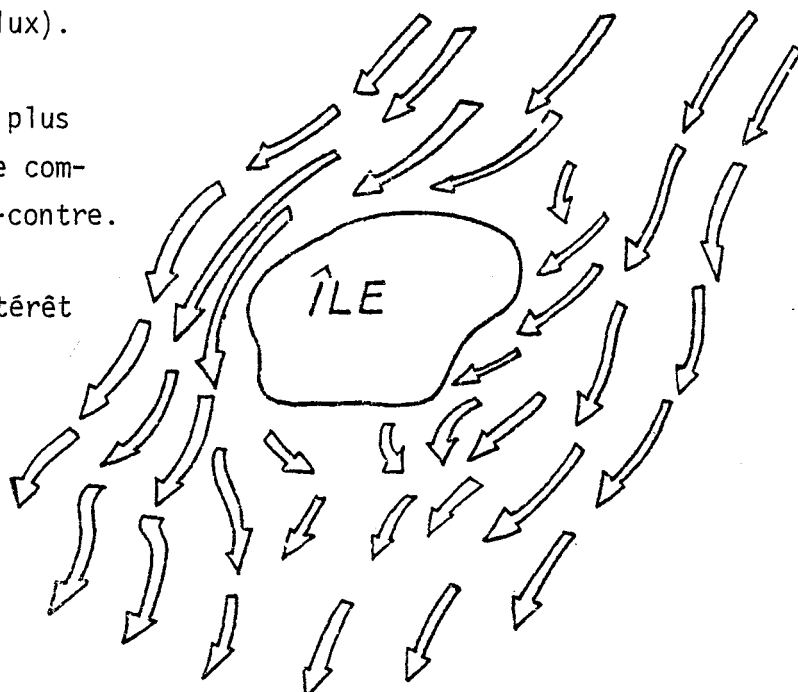
Les deux cas possibles sont donc les suivants :

\* Etude de la répartition du vent dans l'espace : c'est l'influence climatologique du milieu local environnant dont le cas le plus fréquent au niveau des plans d'eau est l'effet de côte (références 3 et 4) :

A la discontinuité mer-terre, les caractéristiques de l'écoulement du vent sont modifiées : dans le sens mer-terre la vitesse moyenne du vent diminue rapidement et les turbulences augmentent ; dans le sens terre-mer, c'est l'inverse qui se produit. La direction de l'écoulement est également modifiée (réfraction du flux).

Ceci est d'autant plus vrai dans le cas d'une île comme le montre le schéma ci-contre.

On imaginera l'intérêt que peut avoir l'instrumentation réalisée pour l'étude systématique des plans d'eau où se déroulent traditionnellement les régates internationales.



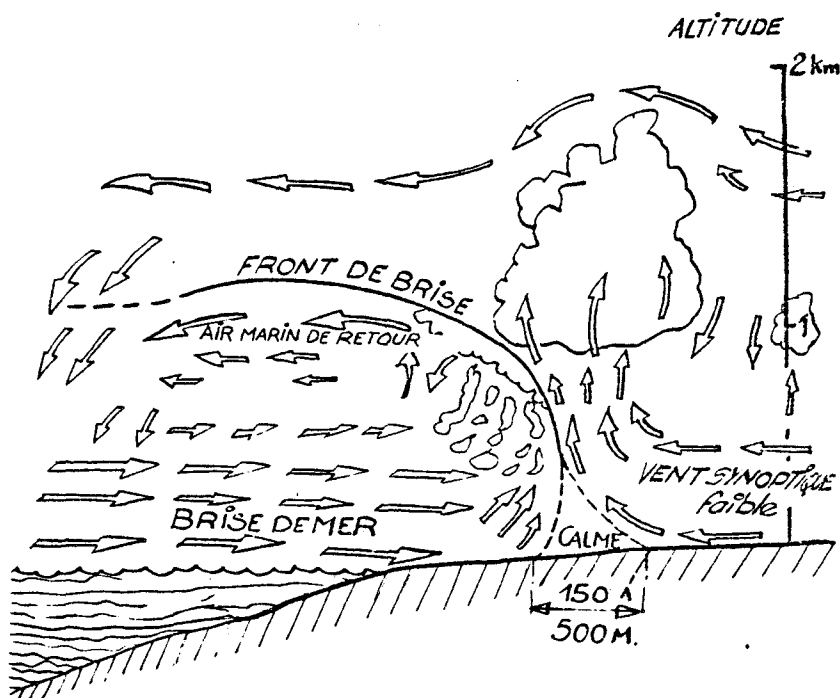
Influence d'une île sur le vent aux heures chaudes de la journée.

Ces effets de côte ont également une action combinée dans le temps et nous en venons tout naturellement à l'étude du point suivant :

\* Etude de la répartition du vent dans le temps : En plus de l'effet dynamique précédemment décrit, il y a un effet thermique qui est le phénomène de brise de mer et de brise de terre (références 3 et 4).

L'air refroidi la nuit sur terre s'écoule lentement sur les côtes en direction du large : c'est la brise de terre.

Inversement, comme l'illustre le schéma ci-dessous, aux heures chaudes de la journée, l'air échauffé au contact du sol tend à s'élever et à être remplacé par l'air marin relativement frais. Cet air marin souffle d'abord à peu près perpendiculairement à la côte puis est dévié par la force de Coriolis et tourne vers la droite en se renforçant : c'est la brise de mer ; celle-ci devient normalement presque parallèle à la côte à la fin de l'après-midi. Ce phénomène se produit généralement en zone anticyclonique, lorsque le vent synoptique est faible.



Par l'intermédiaire de la "vedette météo", nous pouvons enregistrer par exemple l'évolution d'une telle brise et étudier dans le cas où le vent précédemment établi est important la compétition entre brise thermique et vent synoptique (pouvant entraîner notamment des sautes de vent).

\* Mais on voit que tout ceci n'est pas sans difficulté puisque nous souhaiterions connaître simultanément les répartitions du vent dans l'espace et dans le temps et la vedette ne peut être partout en même temps. Nous pouvons envisager dans une étape ultérieure de synchroniser deux ou plusieurs systèmes enregistrant à terre en bordure de côte et sur mer.

Mais répétons le, l'essentiel pour nous a consisté en la construction de l'outil de mesures : prévoir le comportement du vent, qui est le moteur des régatiers, est moins aisé que prévoir celui d'un moteur mécanique. Nous laisserons donc le soin de l'interprétation des enregistrements obtenus aux spécialistes de la météorologie.

Nous donnons dans le deuxième chapitre les premiers dépouillements de toute façon nécessaires à l'exploitation des enregistrements :

- Architecture du système informatique de traitement.
- Transfert des enregistrements numériques.
- Premiers traitements informatiques.

- \* restitution du vent réel, filtrages.

- \* restitution de la trajectoire de la vedette, courants.

- \* autres applications : suivi de planches à voile, etc...

#### IV - N.B.

Le lecteur trouvera dans le chapitre III, l'étude et la réalisation d'un système couplé à un ordinateur de mesure du couple de rappel exercé par un équipage dans ses conditions normales de navigation :

Ceci est sans rapport aucun avec le travail précédemment décrit, mais il nous a été demandé par les entraîneurs et coureurs qui souhaiteraient connaître l'efficacité de leurs positions de rappel et de trapèze et leurs efforts exercés, toujours dans le but d'améliorer leur comportement et de là leurs performances.

## Chapitre I

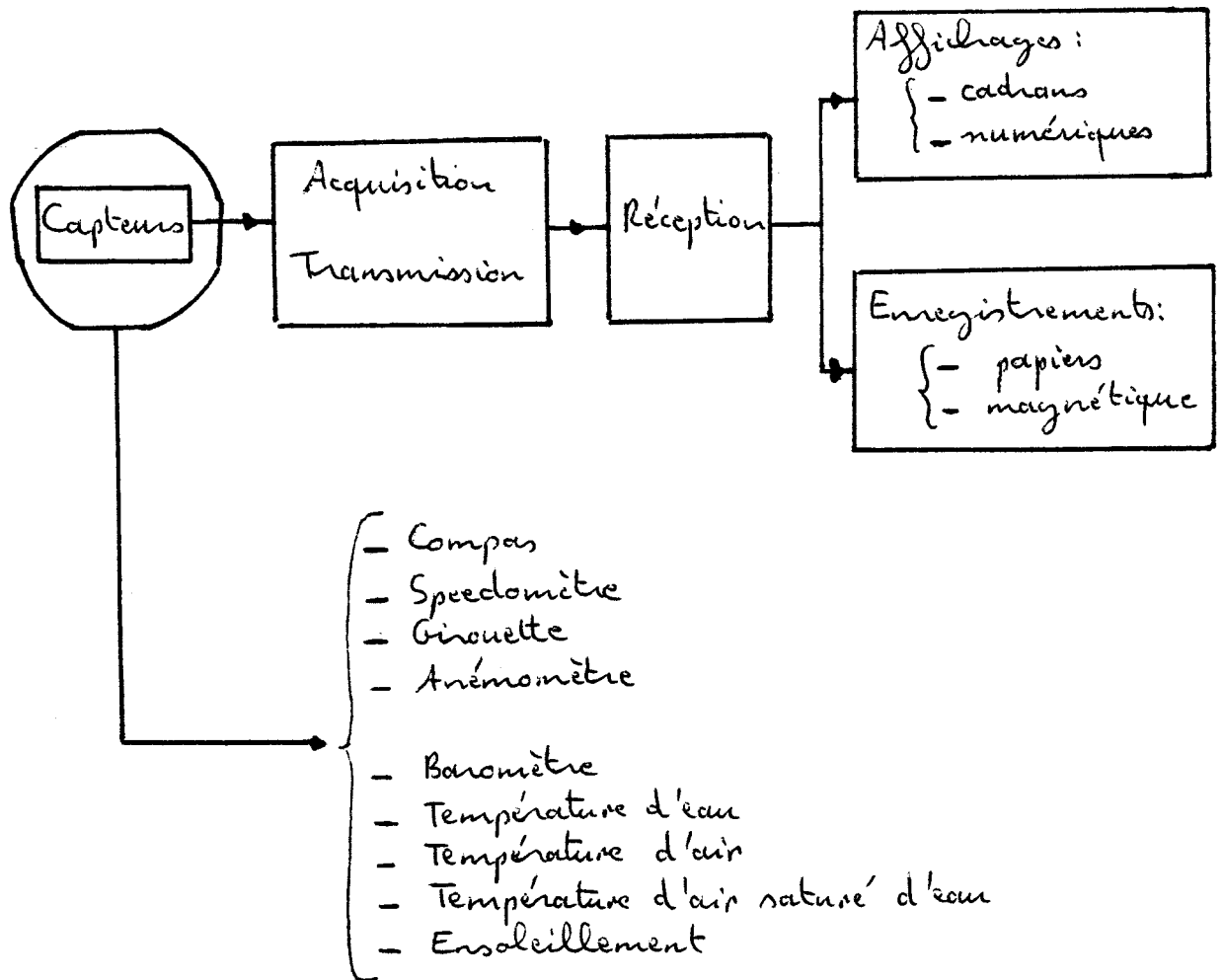
---

### LE SYSTEME D'ACQUISITION

---

## I.1. Descriptif général de la chaîne de mesures

Le schéma synoptique du système réalisé est le suivant :



La figure 1 montre l'implantation de cet appareillage sur la vedette, de même que la photo 1, prise de vue extérieure de cette dernière

Girouette

- 10 -

FIGURE 1

Anémomètre

Ensoleillement

Température d'air humide

Température d'air

Double parallélogramme déformable

Amortisseur

Mât haubané

Compas

Enregistreur Papier

Enregistreur magnétique

Afficheurs

Centrale d'acquisition

Baromètre

Température d'eau

Speedomètre

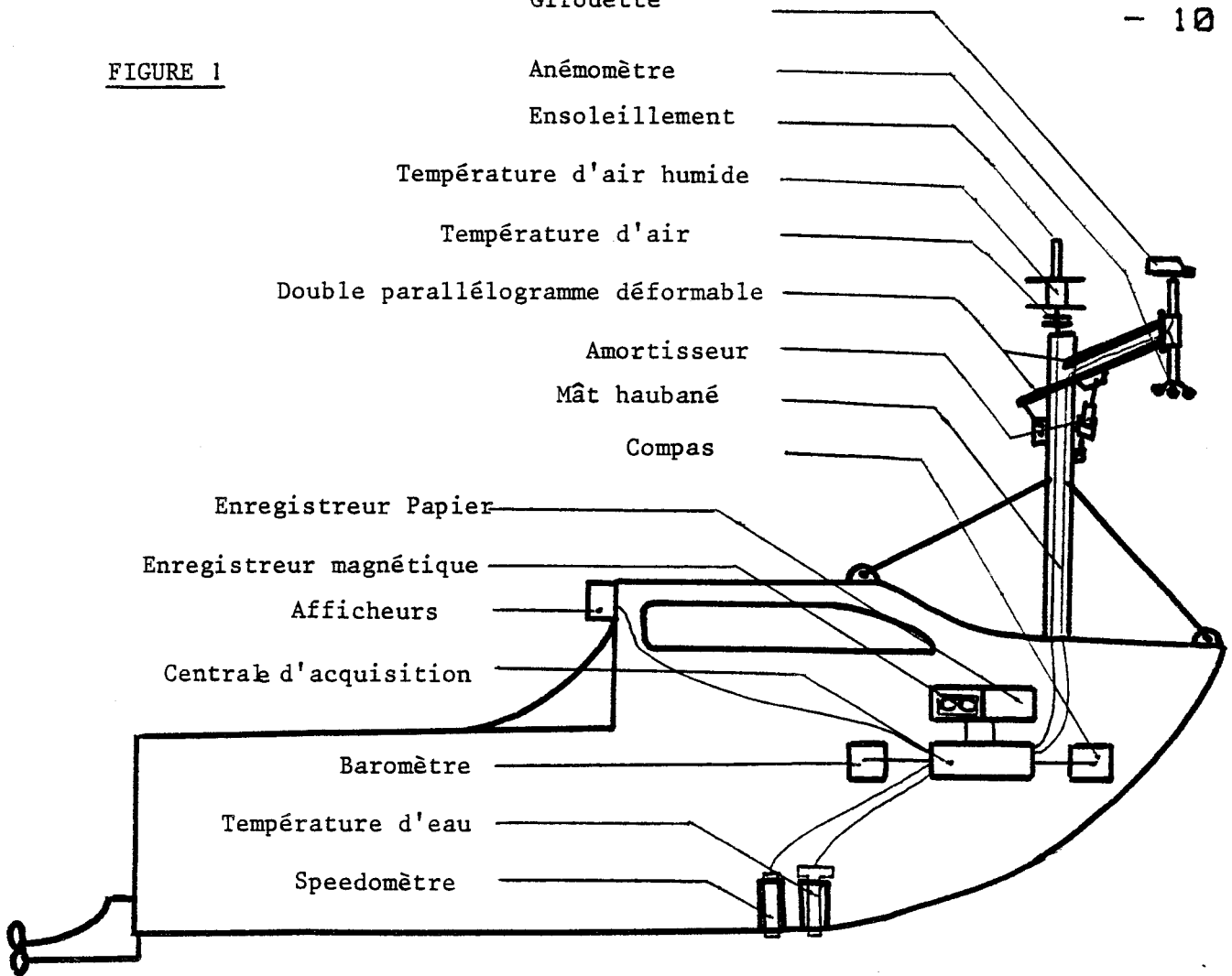


PHOTO 1

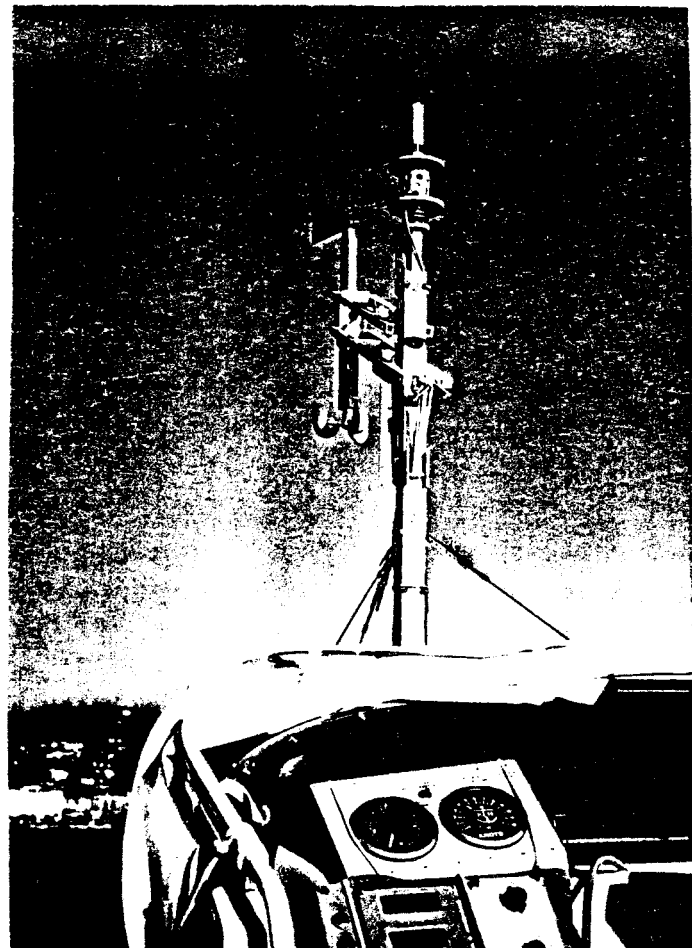
Ensoleillement

Température d'air saturé d'eau

Température d'air

Girouette

Anémomètre



2 Afficheurs type Galvanomètre

3 Afficheurs type LCD



## \* Les capteurs :

Nous pouvons diviser ceux-ci en deux groupes :

### 1<sup>er</sup> groupe :

Il est destiné à calculer l'azimut et la vitesse du vent vrai (en temps réel) et ce indépendamment du déplacement de la vedette :

- Anémomètre (sortie fréquence)
- Girouette (de 0° à 360° sans discontinuité)
- Compas à flux gate
- Spectromètre électromagnétique

Ce premier groupe permet de connaître le vent apparent, la position de la vedette, son déplacement et par calcul le vent vrai.

### 2<sup>ème</sup> groupe :

Il comprend des capteurs spécifiquement météorologiques :

- Baromètre : la pression à mesurer provoque la déformation d'un anneau dynamométrique équipé de jauges de contraintes.
- Température d'eau : ce capteur permet également de détecter le passage des courants
- Température d'air
- Température d'air saturé d'eau ("thermomètre mouillé")
- Ensoleillement : mesure du flux lumineux dans un cône de 30° environ à l'aplomb de la vedette.

On se reportera au chapitre I. § 2. pour l'étude en détail de ces différents capteurs.

## \* Le système d'acquisition et d'enregistrement

Tous les capteurs cités précédemment sont reliés de façon adéquate à la centrale d'acquisition microprogrammée : celle-ci effectue toutes les 250 millisecondes la digitalisation des grandeurs électriques délivrées par les capteurs et réalise leur moyenne sur 10 échantillons, soit toutes les 2,5 secondes ; l'anémomètre à sortie fréquence est



intégré à part sur 2,5 secondes. D'autre part la centrale effectue en temps réel le calcul du vent réel.

Ensuite toutes les 2,5 secondes, elle envoie sur son bus de sortie sur 8 bits parallèles en ASCII, successivement l'ensemble de ces données qui sont enregistrées sur bande magnétique. Le formatage des données permet d'enregistrer durant 3 heures (ou durant 12 heures en sélectionnant un codage quatre fois plus lent).

On se reportera au chapitre I. § 3.

### \* L'accès en temps réel à l'information

A bord de la vedette, l'entraîneur peut contrôler par l'intermédiaire d'un afficheur à 3 bandeaux de cristaux liquides toutes les mesures transmises à l'enregistreur. Il dispose en plus d'un double répétiteur à aiguilles avec choix de deux affichages possibles (azimut et vitesse du vent réel ou Cap et vitesse de la vedette) d'une part, et d'autre part d'un double enregistreur papier du type électrocardiogramme donnant le vent réel (azimut et vitesse) en temps réel.

On se reportera au chapitre I. § 4.

## I.2. Les capteurs

\* Ils constituent le début de notre chaîne de mesures : Pour certains, nous avons choisi des appareils fabriqués par des industriels spécialisés, mais nous avons entièrement réalisé nous-même une partie de ces capteurs du fait de la spécificité des problèmes posés. Ceci depuis leur conception jusqu'à leur fabrication.

\* Comme on aura pu le voir précédemment, ils ne représentent que le premier maillon de la chaîne, pour le relier au deuxième maillon constitué par la centrale d'acquisition de données, nous avons dû rendre compatibles avec celle-ci les grandeurs électriques de sortie de ces capteurs, par la réalisation d'un interface adéquat :

Mis à part la girouette qui reçoit un traitement particulier, l'anémomètre dont nous utilisons la sortie fréquentielle et le compas qui sort sur deux voies les sinus et cosinus du cap, nous avons essentiellement effectué une amplification du signal (afin de le ramener entre 0 et 4 volts) et un préfiltrage analogique : on se reportera aux différentes annexes.

Par la suite, la centrale amplifie avec un gain de 2, ces grandeurs et effectue donc la conversion analogique / digitale sur 8 volts pleine échelle et sur 1024 points (cf chapitre I. § 3).

\* Nous reprenons, point par point, l'étude de ces capteurs.

## I.2.1. Le speedomètre

### a. Choix du capteur

Nous avons porté notre choix sur un capteur électromagnétique plat sans élément mobile, ni protubérance afin :

- d'éviter les problèmes d'encrassement et de blocage provoqués par les algues marines et qui se produisent fréquemment sur les capteurs à roue à aubes classiques.

- d'obtenir un temps de réponse minimum (pas d'inertie des pièces mécaniques).

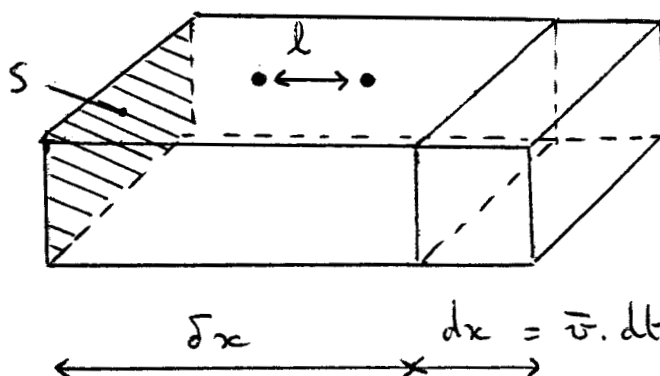
Pour ces raisons, nous utilisons le speedomètre "Toplog 2" des établissements BEN Marine.

### b. Principe de fonctionnement

Ce capteur génère un champ électromagnétique dans l'eau depuis la coque du bateau : le déplacement relatif de l'eau par rapport à ce champ magnétique engendre une tension électrique, directement proportionnelle à la vitesse, aux bornes des deux électrodes du capteur [loi de Laplace découlant de la 2ème équation de Maxwell (Faraday)]

Nous allons montrer que cette tension est indépendante de la mobilité et de la charge des ions présents dans l'eau et donc que l'étalonnage du speedomètre ne dépend pas de la nature du plan d'eau (salin ou non) sur lequel évolue la vedette :

d) relation entre la densité de courant et la vitesse moyenne de déplacement des ions dans l'eau de mer :



Considérons un parallélépipède d'eau de mer de section  $S$  et de longueur  $\Delta x$ . Il contient un nombre  $N$  d'ions :

$$N = N_0 \cdot S \cdot \Delta x$$

avec  $N_0$  nombre d'ions par unité de volume.

Si ces ions sont animés d'une vitesse moyenne  $\bar{v}$  suivant  $Ox$ , le nombre d'ions qui traverseront une section du parallélépipède pendant le temps  $dt$  sera :

$$dN = N_0 \cdot S \cdot \bar{v} \cdot dt$$

Il correspond à ce nombre d'ions une charge totale :

$$dQ = q \, dN = q \, N_0 \, S \, \bar{v} \, dt$$

$q$  étant la charge d'un ion

Le courant qui traverse le parallélépipède est donc :

$$I = \frac{dQ}{dt} = q \, N_0 \, S \, \bar{v}$$

et la densité de courant est :

$$J = \frac{I}{S} = q N_0 \bar{v}$$

si  $\sigma$  est la conductivité de l'eau de mer, le passage du courant  $I$  crée un champ électrique dirigé suivant  $Ox$  :

$$E_x = \frac{J}{\sigma} = \frac{q N_0}{\sigma} \bar{v}$$

et d'autre part en faisant intervenir la mobilité  $\mu$  des ions, nous avons :

$$E_x = \frac{\bar{v}}{\mu}$$

Entre deux électrodes séparées suivant  $Ox$  d'une longueur  $l$ , on observera donc une différence de potentiel égale à :

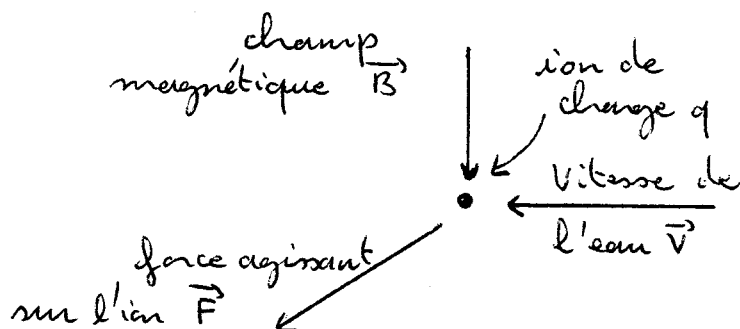
$$e_x = l \cdot E_x = \frac{q N_0}{\sigma} l \cdot \bar{v} = \frac{\bar{v}}{\mu} \cdot l$$

$\beta$ ) vitesse moyenne  $\bar{v}$  prise par les ions de l'eau de mer lors d'un mouvement relatif de l'eau de vitesse  $V$  par rapport à un champ magnétique  $B$  :

(ce qui revient au même de dire que la vedette déplace avec elle le champ magnétique qu'elle crée par rapport à l'eau).

La force de Laplace exercée sur l'ion de charge  $q$  est :

$$\vec{F} = q \vec{V} \wedge \vec{B}$$



Si  $\vec{V}$  et  $\vec{B}$  sont perpendiculaires, on aura :

$$F = qVB$$

Si cette force résultait de la présence d'un champ électrique  $\vec{E}$ , elle aurait pour valeur :

$$F = qE$$

et la vitesse moyenne  $\vec{v}$  de déplacement des ions dans la direction du champ  $\vec{E}$  serait :

$$\vec{v} = \mu E = \mu \frac{F}{q}$$

$\mu$  étant la mobilité des ions.

De manière similaire, une force  $F$  engendrée par le mouvement des ions dans un champ magnétique va produire une vitesse de déplacement  $\vec{v}$  :

$$\vec{v} = \mu \frac{F}{q} = \frac{\mu}{q} qVB = \mu VB$$

En portant dans l'expression donnant  $e_x$ , on obtient :

$$e_x = \frac{l}{\mu} \vec{v} = \frac{l}{\mu} (\mu VB)$$

$$\Rightarrow e_x = V.B.l$$

$e_x$  est donc proportionnel à la vitesse  $V$  de l'eau, et au produit  $B.l$ , c'est à dire que  $e_x$  ne dépend pas de la conductivité de l'eau, ni des caractéristiques des ions (charge, mobilité, densité) qui déterminent cette conductivité, et par voie de conséquence, l'étalonnage du speedomètre est indépendant de la nature du plan d'eau.

### c) Interface

On se reportera à l'annexe II, pour le traitement effectué sur le signal délivré par le capteur ; pour mémoire, nous obtenons :

$$v_s = 140 \text{ mV} / \text{neud}$$

Ce qui nous donne une étendue de mesure comprise entre 0 et 28 neuds, puisque la pleine échelle analogique dont nous disposons s'étend de 0 à 4 volts.

### d) Identification

De part la nature de son principe de fonctionnement, la réponse du capteur est de temps négligeable par rapport à la période d'échantillonnage et ne nécessite pas de faire une étude d'identification.

### e) Etalonnage

Nous l'avons réalisé de façon classique en faisant parcourir à la vedette des parcours entre deux points fixes.

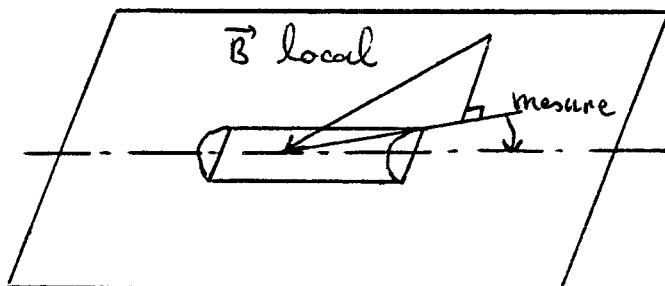
Afin d'éliminer la composante du courant, nous avons effectué des aller et retour, à des instants, où le courant était malgué tout, constant et négligeable (mer étale par exemple).

Notons toutefois, que, le programme d'acquisition étant figé, nous avons ajusté l'étalonnage non pas par modification des coefficients de ce programme, mais par ajustement du gain de l'interface réalisé (cf annexe II).

## I.2.2. Le compas

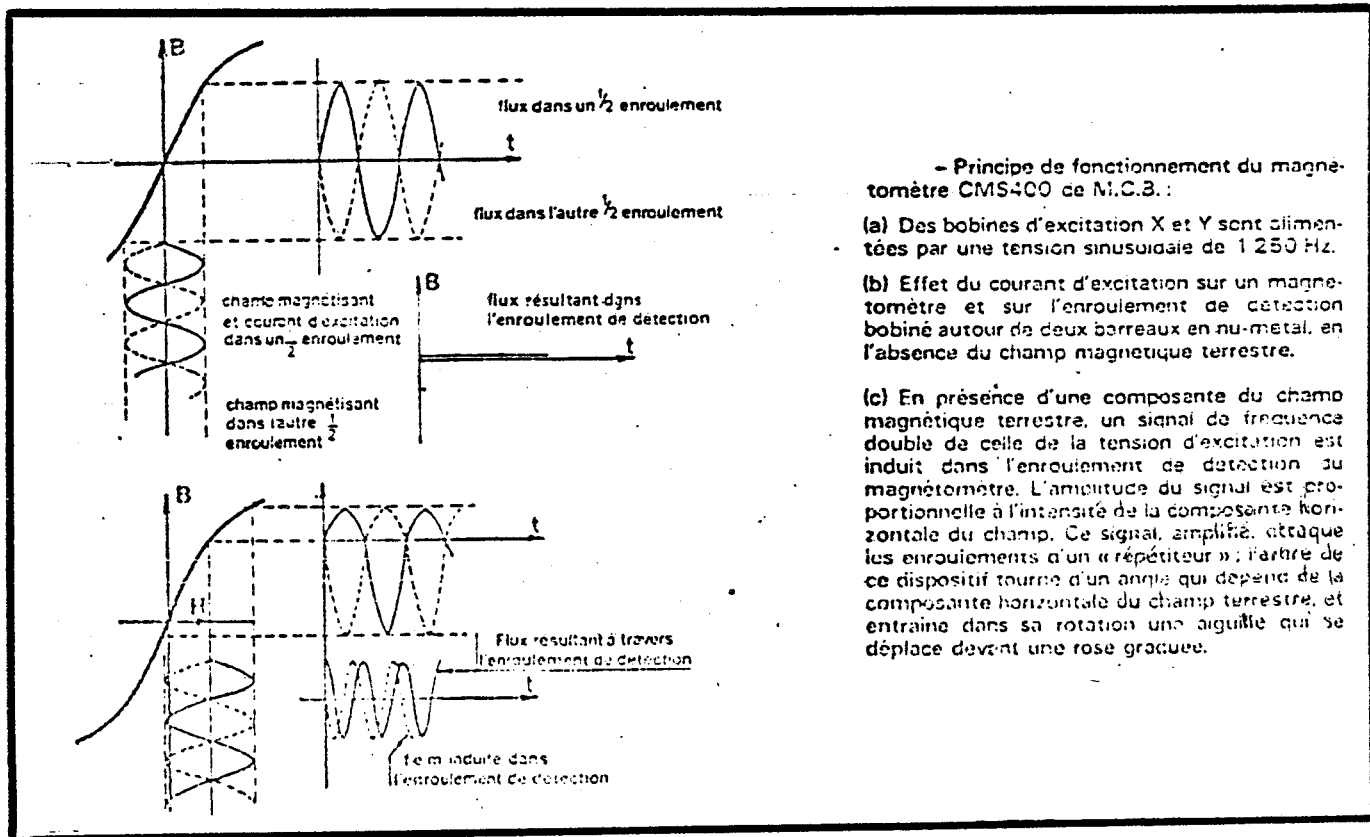
### a. Choix du capteur

Nous utilisons un compas MCB, type CMS 400 qui mesure l'angle que fait l'axe principal de ce capteur avec la projection du champ magnétique terrestre local dans le plan du compas.



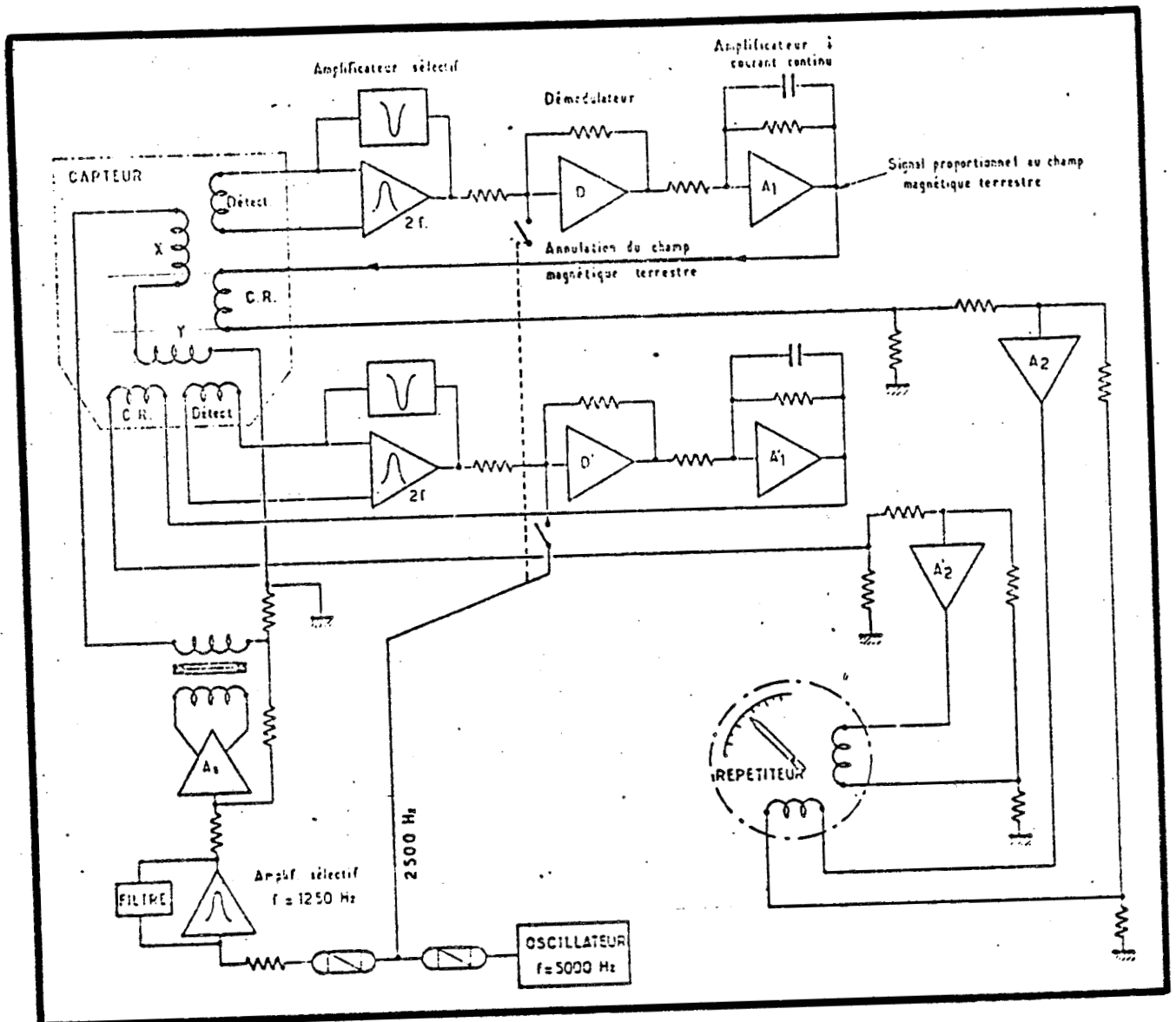
Ce capteur est constitué de deux magnétomètres orthogonaux montés sur un joint de cardan et immergés dans un bain d'huile.

Le principe de fonctionnement est le suivant :





et le schéma synoptique de l'électronique associée est le suivant :



Ce capteur a fait l'objet d'une étude très précise par Christian DEVAUX (référence 5) qui a étudié notamment les bruits de mesures créés par le bruit d'huile amortisseur et les accélérations du bateau.

## 6 - Interface

Nous utilisons directement les deux voies Sinus et Cosinus du cap qui alimenteront le répétiteur (cf schéma synoptique ci-dessus), ce dernier étant directement connecté et utilisé à d'autres fins (cf chapitre I § 4.2)

## C - Implantation

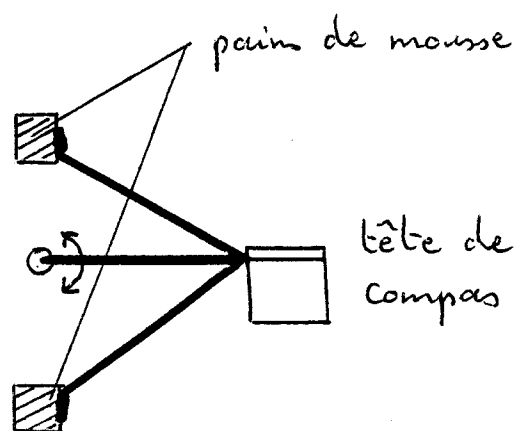
Nous avons à satisfaire trois contraintes essentielles :

- placer ce capteur le plus loin possible de toute masse magnétique (dans notre cas le moteur à l'arrière de la redette).
- le situer toutefois le plus près possible de l'axe instantané de rotation de la redette afin d'éviter les accélérations génératrices de bruit sur les signaux du compas.
- éviter les chocs, notamment dûs au clapot.

Nous l'avons ainsi monté à l'intérieur du rouf de la redette.

Nous avons introduit de plus une rotation autour d'un axe horizontal, amortie en butée sur deux pains de mousse, afin de

filter une partie des chocs engendrés par le passage de la redette dans le clapot.



## I.2.3. Girouette et anémomètre

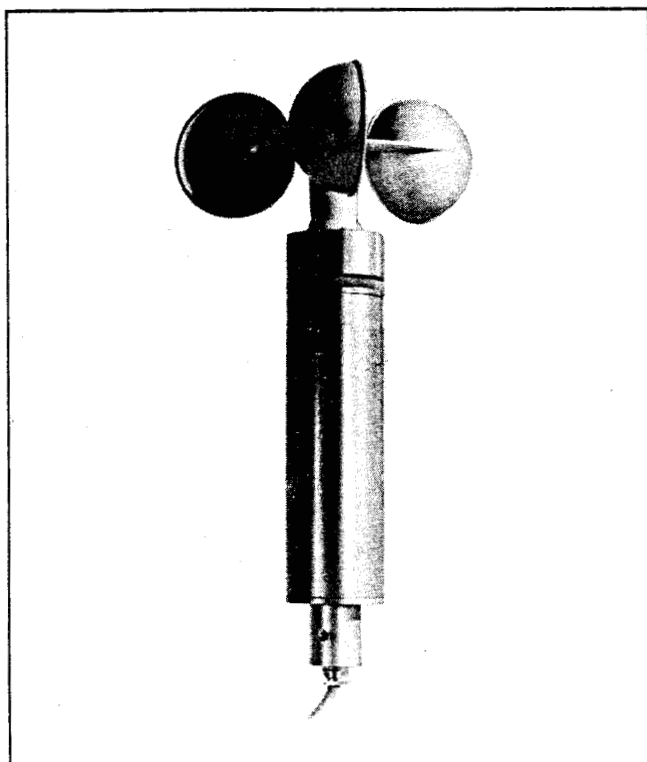
### a- Choix des capteurs

Les capteurs destinés à la navigation de plaisance n'étant pas pleinement satisfaisants (notamment non-linéarité de l'étalonnage), nous avons porté notre choix sur des capteurs MCB, agréés par la météorologie nationale, dont les caractéristiques suivantes répondent parfaitement aux contraintes imposées : (pas de contraintes particulières quant au poids et à l'encombrement) :

\* Anémomètre :  
photo 2 ci-contre

photo n° 2

- Couple de rotation très faible permettant de mesurer des vitesses de vent inférieures à  $0,5 \text{ m/s}$  ( $\approx 1 \text{ nœud}$ )
- étanchéité totale de l'électronique associée.
- réalisation en alliage léger analysé marine
- étendue de mesure :  $0 \text{ à } 70 \text{ m/s}$ .
- précision :  $\pm 0,5\%$  à  $10 \text{ m/s}$



Principe de fonctionnement :

Le moulinet à travers un dispositif magnétique entraîne un disque à fentes placé entre un émetteur de lumière à arsénure de gallium et un récepteur à phototransistor au silicium. Le

générateur d'impulsions ainsi constitué délivre 18 impulsions par tour traitées ensuite électronique-  
-ment.

Nous utilisons la sortie logique (niveau 5 volts, durée des impulsions 0,5 ms) qui délivre une fréquence de 16 Hz par ms; cette fréquence est directement traitée par la centrale d'acqui-  
-sition comme indiqué au chapitre I § 3.1.

\* Girouette  
photo 3 ci-contre

photo n° 3

- pale et corps réali-  
-sé en alliage léger  
anodisé marine

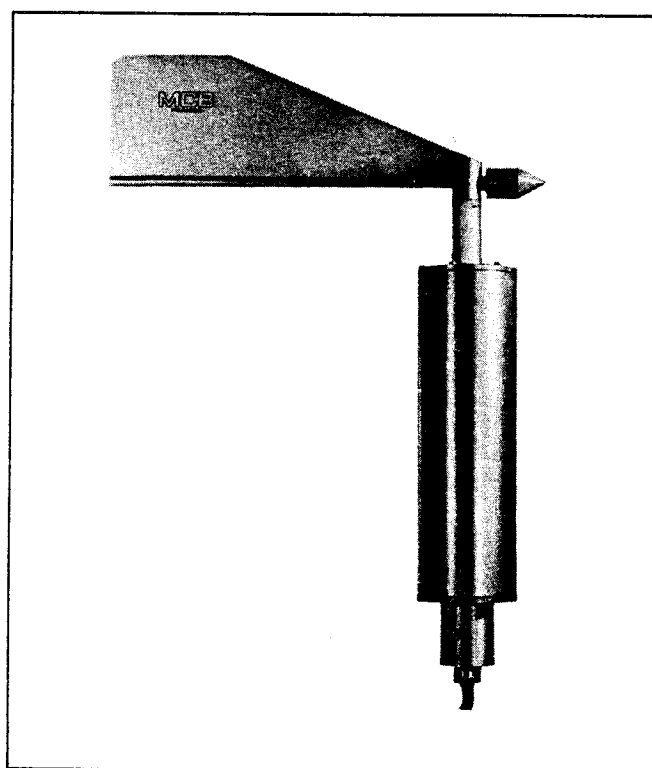
- étanchéité au  
nuisellement

- précision:  
linéarité :  $\pm 0,2\%$   
incertitude au point  
0 :  $\pm 1$  degré

Principe de fonction-  
-nement:

L'axe de la pale entraîne un capteur de précision à piste plastique conducteur qui délivre après traitement électronique une tension de 10 mV par degré soit 3,6 V pour 360°.

Pour minimiser l'incertitude au point 0°, le montage mécanique de la girouette est réalisé de sorte que le point 0°-360° se trouve "dans le dos" de la redette, position très peu fréquente pour la girouette: à l'arrêt au mouillage, la redette s'orienté dans le lit du vent et en marche, compte tenu du vent apparent induit, la girouette ne



passer que rarement par cette position. Nous ajoutons alors par la suite  $180^\circ$  dans le programme d'acquisition.

La centrale d'acquisition exploite directement la tension de sortie de 3,6V à pleine échelle.

## b - Implantation mécanique

\* contraintes à respecter :

- comme on aura pu le voir dans l'introduction, le dispositif ne doit avoir aucune rotation autour de l'axe vertical afin de garder le zéro de la girouette fixe par rapport à l'axe de la redette
- insensibilité à la corrosion marine
- protection des deux capteurs contre les chocs, notamment lors du passage de la redette dans le clapot.

\* solutions adoptées :

- nous utilisons un mât en aluminium de section carrée, bloqué dans une embase également de section carrée pour éviter le problème de la corrosion.
- à l'extrémité de ce mât, nous avons implanté un double parallélogramme déformable en tube A6064, suspendu par ressorts et soutenu par un amortisseur déopneumatique. Le parallélogramme inférieur est constitué de deux cornes d'A6064 pleins, section 20 mm et longueur 640 mm, car ils subissent tous les efforts ; le parallélogramme supérieur est constitué de deux cornes d'A6064 épaisseur 2, section 20 et longueur 500. Le dispositif

s'articule librement autour de deux axes de rotation, et maintient ainsi les capteurs parallèles au mât.

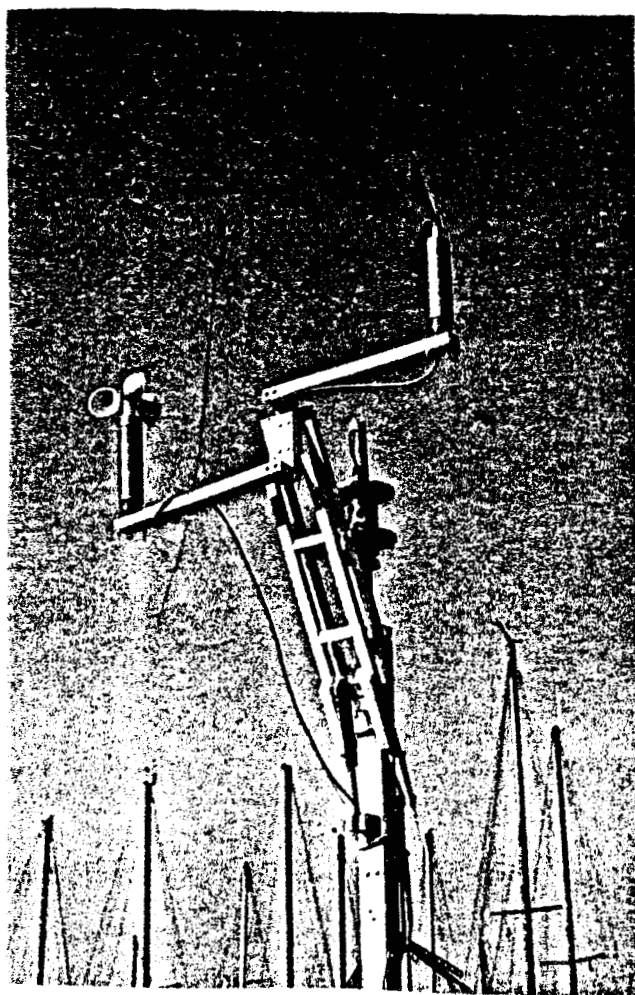
— tous les axes sont réalisés en inox  $\phi 6$  et les contacts inox - AUC-4 sont supprimés par l'emploi systématique de supports d'axe en lucoflex. Les pièces réalisées en aluminium sont recouvertes de plusieurs couches de peinture marine spéciale.

photo n° 4

On se reportera à la photo 4 ci-contre

Les capteurs sont situés à la hauteur du centre de voilure  $C_v$  d'un dériveur du type "470", soit 2 m 70 au dessus de l'eau.

L'amortissement réalisé a fait l'objet d'une étude particulière par l'auteur (référence 7), de simulation sur calculatrice analogique : l'ensemble réalise ainsi un filtre passe-bas des vibrations (mouvement) de la vedette et assure un amortissement des capteurs au passage dans le clapot.



## I.2.4. Le capteur d'ensoleillement

### a. Choix du capteur

Nous utilisons un simple phototransistor NPN au silicium, référence Tescos Instruments TIL 78, qui délivre un courant d'émetteur croissant avec le flux lumineux qu'il reçoit.

### b. Interface

On se reportera à l'annexe III :

Celui-ci est réalisé de telle façon que nous nous situions à la limite de la saturation ( $V_3 = 4 \text{ volts}$ ), lorsque le capteur est dirigé vers le soleil au zénith.

La directivité du phototransistor (cf annexe III) nous permet de mesurer le flux lumineux à l'aplomb de la redette et de détecter ainsi les passages nuageux et toutes variations d'ensoleillement.

### c. Identification

Le temps de réponse de 10 à 90%, de l'élément sensible est de 90 nanosecondes (données du constructeur). L'identification est donc inutile (et d'ailleurs impossible, le capteur réagissant plus vite qu'une table traçante analogique).

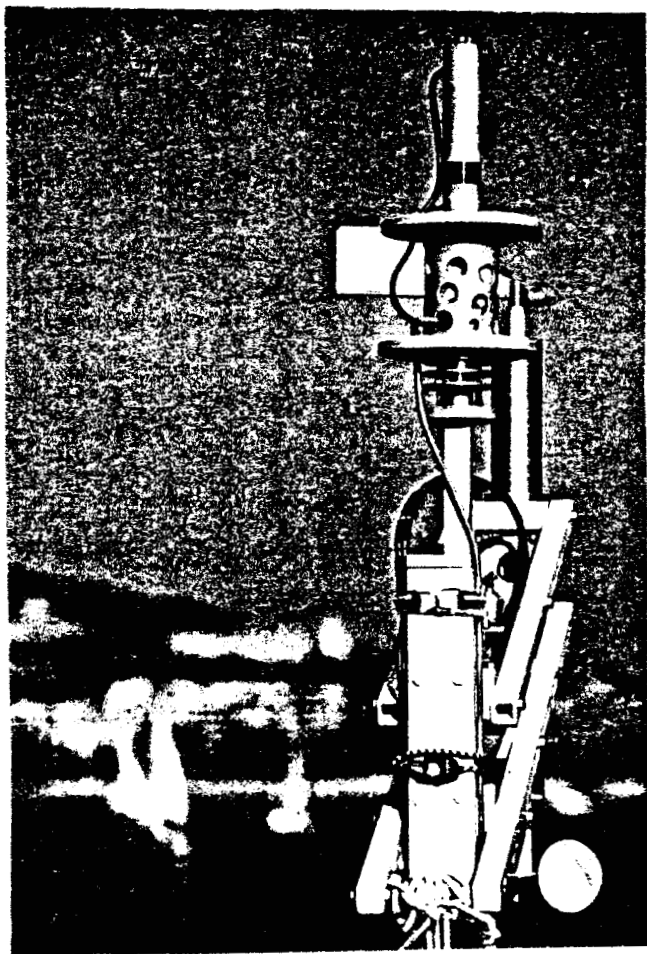
### d. Implantation mécanique

Le capteur est situé en tête du mât de la redette, à l'abri d'ombres éventuelles.

On se reportera au descriptif général (photo 1) et à la photo 5 suivante.

photo n° 5 :

Capteurs de tête de mât



- ← ensoleillement : phototransistor sur son support
- ← température d'air saturation d'eau ("thermomètre mouillé")
- ← température d'air (caillettes).



## I.2.5. Les capteurs de température

a.

Nous avons réalisé pour la "redette météo" trois capteurs de température :

- Température d'air
- Température d'air saturé d'eau : connaissant la température d'air et sa différence avec ce dernier (dit encore "thermomètre mouillé"), nous en déduisons le pourcentage d'humidité de l'air à l'aide d'abacques psychrométriques.
- Température d'eau : non seulement il nous apporte des éléments sur les corrélations de températures et de vent, mais il peut permettre de déceler également les passages de la redette dans les courants froids ou chauds ; ce capteur fera l'objet d'une étude particulièrement précise.

## b. Interface électronique

On se reportera à l'annexe IV :

Nous obtenons une étendue de mesure comprise entre 0 et 45°C, pour une tension de sortie toujours comprise entre 0 et 4 volts.

## c. Implantation mécanique

### \* Température d'air

Nous avons réalisé son support en aluminium anodisé sous la forme d'un cylindre à ailettes. Il est placé en tête du mât de la redette, à

l'ombre, à l'abri des projections d'eau afin d'éviter un refroidissement dû à l'évaporation, et reste bien ventilé.

### \* Température d'air saturé d'eau

Nous avons également utilisé pour sa fabrication de l'aluminium, que nous avons ensuite anodisé. Ses dimensions très faibles réduisent son inertie thermique et donc son temps de réponse; il prend place dans un réservoir à l'ombre, et reste en contact sur toute sa surface de mouseline imbibée d'eau (distillée de préférence).

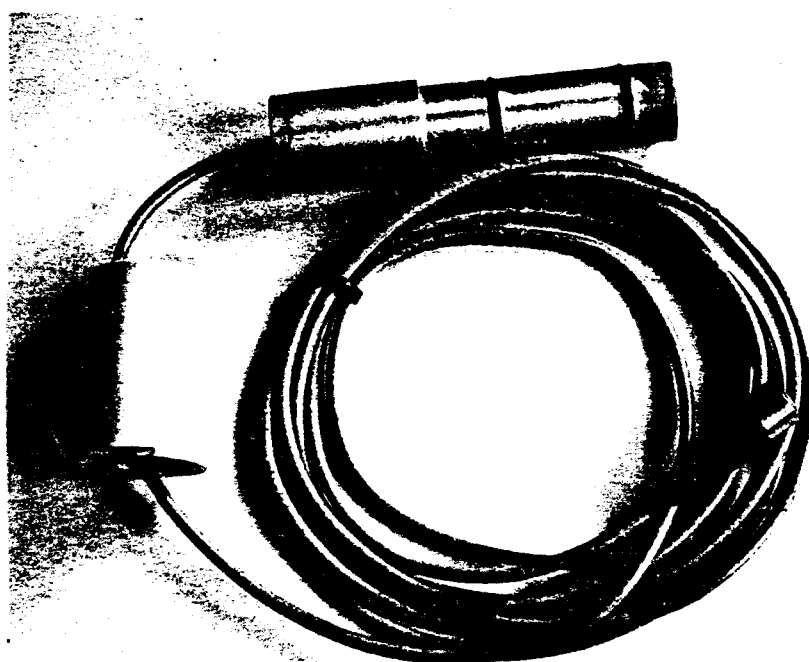
Il est également situé en tête du mât de la vedette: cf photos 1 et 5.

### \* Température d'eau

Son support mécanique se loge avec l'interface qu'il contient (afin d'éviter la propagation de faibles signaux sur une grande longueur de fils et par suite les pertes et parasites) dans un passe-

coque de type "PLASTIMO" ( $\phi$  34 mm, l 98 mm).

photo n° 6



La grande difficulté a résisté dans l'obtention de sa compacité nécessaire.

Sur la photo 6 ci-contre, on pourra observer la partie en lucallex (à gauche) qui

s'adapte sur le filetage extérieur du passe-coque "PLASTIMO" et qui maintient le capteur en position immergée.

A l'extrémité du capteur, nous avons intercalé entre son habitacle et le composant électronique (LM 135) sensible à la température, une bague en luciflex afin de réduire son inertie thermique: nous avons ainsi diminué par rapport à la version initiale sans bague isolante, son temps de réponse de moitié.

On se reportera à l'annexe V en ce qui concerne les plans mécaniques du capteur ainsi réalisés.

#### d. Identification et temps de réponse

Il nous paraissait essentiel de connaître la réponse de ces capteurs, les phénomènes thermiques dépendant de leur géométrie et du milieu environnant.

Nous avons ainsi procédé à une analyse indicative en étudiant la réponse à un échelon (en l'occurrence une brutale différence de température) de ces différents capteurs.

On se reportera à l'annexe I en ce qui concerne la théorie utilisée et son adaptation sur ordinateur.

Nous avons obtenu:

##### \* capteurs de température d'air et d'air saturé d'eau

Le temps de réponse à 90% est assez élevé (2 à 3 mn), à cause du faible pouvoir calorifique de l'air. Mais par comparaison

à la rapidité des phénomènes météorologiques, ces temps restent acceptables.

Nous n'avons pas jugé utile de mettre en œuvre pour ces deux capteurs la méthode d'identification, d'une part en regard de ces temps de réponse, et d'autre part à cause de l'irrégularité des courbes de réponse obtenues (car il était difficile d'appliquer un moi "chaud et froid" c'est à dire un échelon à ces capteurs, il aurait fallu disposer de deux sources différentes et constantes de température d'air).

### \* capteur de température d'eau

Comme nous avions à faire principalement à un phénomène thermique, nous avons supposé avoir affaire à un deuxième ordre (vérifié a posteriori); pour un ordre supérieur, les autres coefficients étaient négligeables ou négatifs.

Nous avons ainsi obtenu, par le programme, pour sa réponse en transformée de Laplace:

$$S(p) = \frac{0,98}{1 + 5,26 p + 5,89 p^2}$$

Capteur de température d'eau

C'(0) : .0006

A(0) : 1

A(1) : 5.26

A(2) : 5.89

B(0) : .98

Programme 'IDENTI' du 15-02-82

Dans le programme (cf annexe I), nous vérifions que le terme  $c'(0)$  ci dessus est négligeable (c'est à dire, voir annexe, que le gain statique n'est pas infini)

D'autre part, le terme  $B(0)$  égal à 0,98 est voisin de 1 puisque théoriquement à l'issue d'un temps infini, la sortie tend vers l'entrée.

En transformée temporelle, compte tenu que  $s(t=0) = \left( \frac{d s(t)}{dt} \right)_{(t=0)} = 0$ , nous obtenons:

$$s(t) = 0,98 + 0,778 e^{-0,619 t} - 1,76 e^{-0,274 t}$$

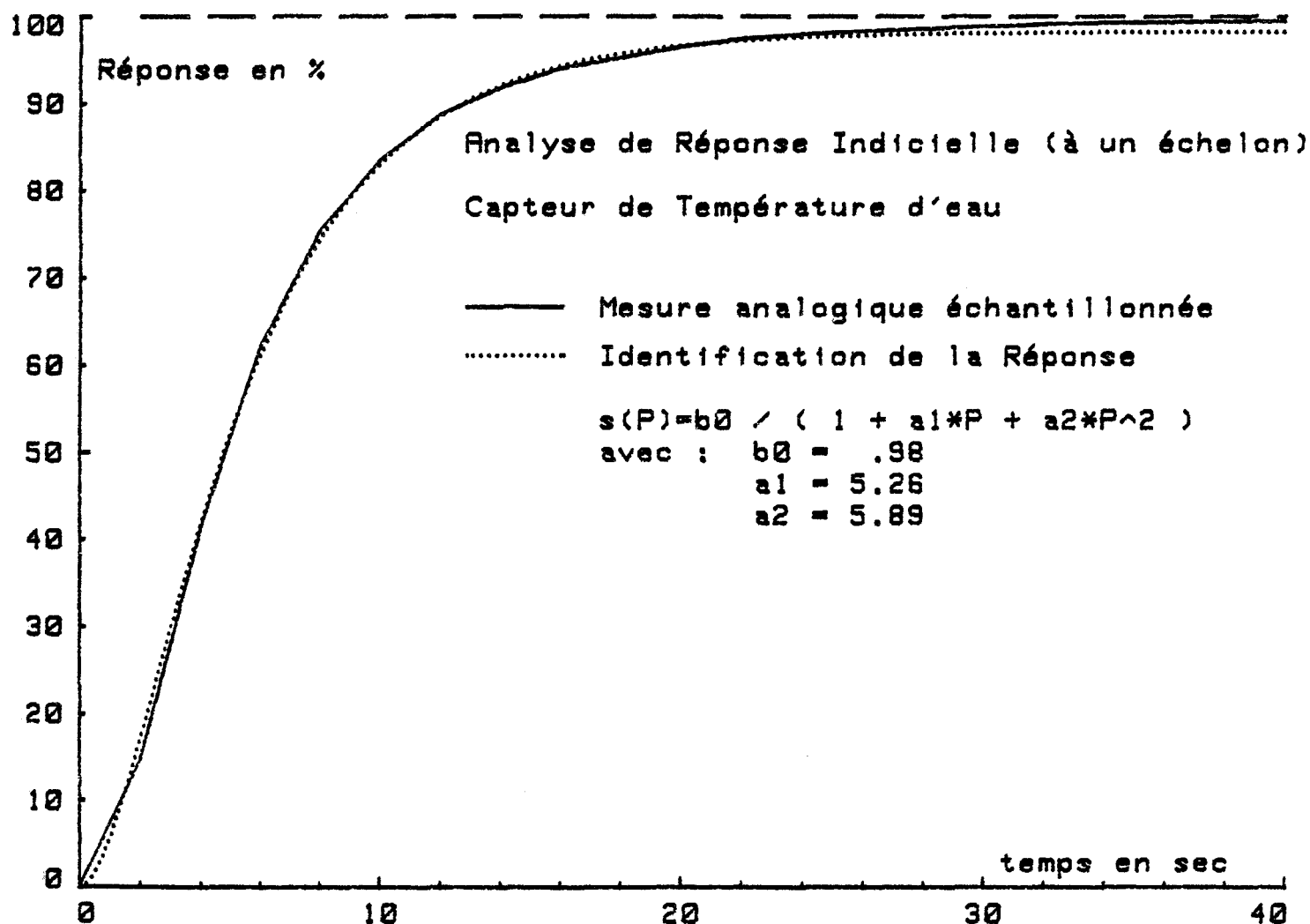
La figure de la page suivante montre les tracés comparés de la sortie du capteur enregistrée sur table traçante analogique et échantillonnée avec une période de 2s (échelon de 10°C), et de l'identification réalisée.

Le temps de réponse à 90% est de 12,5 secondes, ce qui est acceptable, et nous permet de détecter au passage les courants marins.

Données du programme -IDENT1-  
pour le capteur de  
température d'eau ----->

Les mesures ont été obtenues  
d'après l'enregistrement sur  
table traçante analogique de  
la tension de sortie du cap-  
teur

2060 Data:DATA 21! Nombre de Mesures  
2070 DATA 2! Période d'échantillonnage  
2080 DATA 0  
2090 DATA .1464  
2100 DATA .4143  
2110 DATA .6231  
2120 DATA .7539  
2130 DATA .8349  
2140 DATA .8879  
2150 DATA .9190  
2160 DATA .9408  
2170 DATA .9533  
2180 DATA .9657  
2190 DATA .9751  
2200 DATA .9801  
2210 DATA .9835  
2220 DATA .9863  
2230 DATA .9888  
2240 DATA .9913  
2250 DATA .9931  
2260 DATA .9938  
2270 DATA .9944  
2280 DATA .995



### e. Etalonnage

Les calculs théoriques (annexe IV) ont montré que :

$$\theta = 0^\circ\text{C} + \frac{V_S \text{ en mV}}{90,4}$$

soit après digitalisation :

$$\theta = 0 + \frac{\theta_{\text{dig}}}{90,4} \times \frac{4000}{1024}, \quad \theta_{\text{dig}} \text{ de } 0 \text{ à } 1024, \quad \theta \text{ en } ^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{4320 \times 10^{-4} \times \theta_{\text{dig}} + 0}{10}, \quad \theta \text{ en } \frac{1}{10} ^\circ\text{C}$$

Initialement, la pente et l'offset ont été fixés dans le programme d'acquisition de la façon suivante :

$$\theta_{\text{lue}} = \frac{4000 \times 10^{-4} \times \theta_{\text{dig}} + 0}{10}, \quad \begin{aligned} &\text{pente} = 4000 \\ &\text{offset} = 0 \text{ en } \frac{1}{100} ^\circ\text{C} \\ &\theta_{\text{lue}} \text{ en } \frac{1}{10} ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Nous avons alors effectué la comparaison de la température affichée par les cristaux liquides et de celle, réelle d'un thermomètre de précision.

Ainsi pour un couple de mesures :

$$\begin{cases} \theta_{\text{réelle } 1} = a \theta_{\text{lue } 1} + b \\ \theta_{\text{réelle } 2} = a \theta_{\text{lue } 2} + b \end{cases}$$

$a$  et  $b$  étant calculés pour un grand nombre de couples de mesures, nous obtenons ces coefficients correctifs et par suite la pente (égale à

$4000 \times a)$  et l'offset (égal à  $100 \times b$  puisque il s'exprime en  $\frac{1}{100}^{\circ}\text{C}$ ).

Pour mémoire, nous avons obtenu:

	Pente	Offset
Air	4404	470
Air Humide	4436	344
Eau	4516	497

Ces coefficients remplacent les anciens coefficients du programme de la centrale d'acquisition et assurent ainsi l'étalonnage.



## I. 2. 6. Le baromètre

### a- Choix du capteur

Nous utilisons un capteur de pression atmosphérique S. RICHARD et PERLY fonctionnant selon le principe suivant:

La pression à mesurer est appliquée à un soufflet vidé servant de détecteur qui transmet sa déformation à un anneau dynamométrique équipé de jauges de contraintes.  
(photo 7 ci-contre).

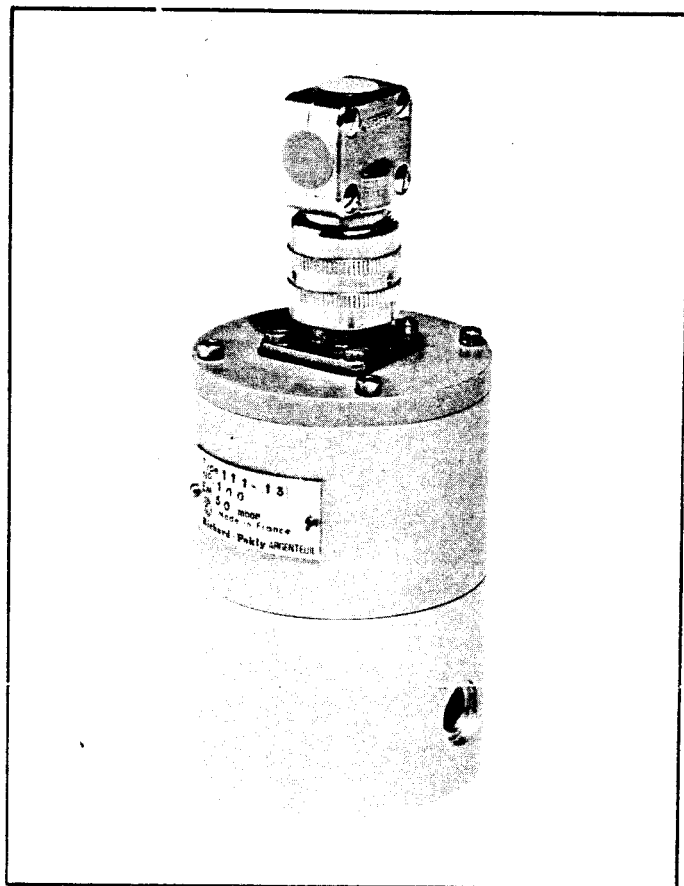
photo n° 7

Les caractéristiques techniques sont les suivantes:

— étendue de mesure:  
200 mbars de 950 à 1150 mbars: c'est en partie ce qui a motivé notre choix, l'étendue de mesure souhaitée étant assez inhabituelle pour des capteurs industriels.

— signal de sortie:  
1,498 mV par Volt d'alimentation ( $V_{no. minimale} = 5 \text{ volts}$ ).

— précision totale (linéarité, hystérésis, reproductibilité, dérives de zéro et de pente): inférieure à 0,5% de l'étendue de mesure soit à 1 mbar.



## b. Interface

On se reportera à l'annexe VI :

Après traitement du signal délivré par le capteur, nous obtenons :

$$V_s = 4,56 \times \frac{P_{\text{mbar}} - 950}{200} \quad \text{en Volts}$$

Soit pour une étendue analogique de 0 à 4 Volts, la pression à mesurer peut être comprise entre 950 et 1125 mbars.

## c. Identification

Ce problème ne se pose pas, étant donné la lenteur des évolutions des pressions météorologiques.

## d. Etalonnage

Etant donné notre proximité de l'aéroport de Lille-lesquin, nous avons réalisé l'étalonnage par comparaison à la pression atmosphérique que nous fournissent les services météorologiques de l'aéroport, et ce dans des conditions de pression les plus diverses afin de recouvrir toute l'étendue de mesure.

Nous avons d'autre part introduit un réglage possible d'offset de plusieurs mbars (cf annexe VI).

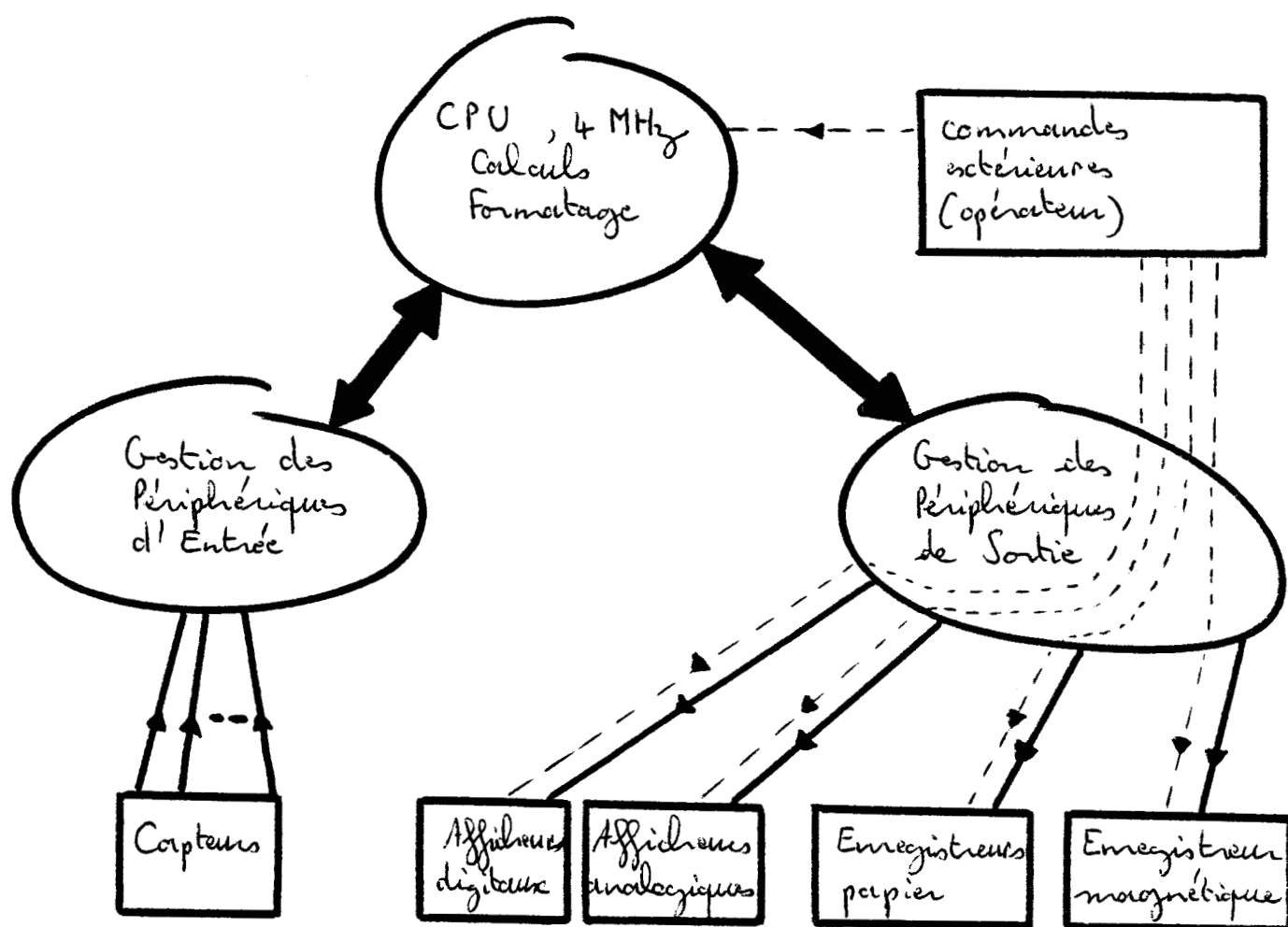
Par la suite, nous avons été en mesure de vérifier la justesse de l'étalonnage ainsi réalisé en s'adressant aux divers services météorologiques situés sur les lieux de déplacements effectués avec la "redette météo".

## I.3. La centrale d'acquisition et l'enregistreur numérique

### I.3.1. La centrale d'acquisition

On se reportera essentiellement aux dossiers de réalisation de M<sup>rs</sup> BAUDET, DHALUIN et EMPIS (référence 10).

Les fonctions réalisées par la centrale se résument selon le schéma synoptique suivant :



### \* Gestion des périphériques d'entrée

Tous les capteurs à l'exception de l'anémomètre sont multiplés (16 voies possibles), puis transformés par l'intermédiaire d'un Convertisseur Analogique-Digital (C.A.D.) en une grandeur numérique. Le microprocesseur gère alors une séquence qui effectue une interruption toutes les 250 millisecondes et réalise l'acquisition d'un train numérique de mesures.

L'anémomètre est traité individuellement sur 2,5 s et a fait l'objet d'une carte particulière qui réalise un comptage des impulsions délivrées par le capteur (référence 11).

### \* Calculs et formatage

A la dixième boucle de calcul, soit à l'issue de 2,5 s, les moyennages nécessaires sont effectués. A la première boucle suivante, le calcul du vent réel est effectué.

Les données (17 au total, compte tenu des données doubles Sinus et Cosinus) sont alors formatées en une première pile, précédée pour chacune d'entre elles d'un identificateur.

A ce niveau, un contrôle de transmission est effectué et une donnée particulière prend initialement la valeur 170 si les 17 données sont correctement transmises.

### \* Gestion des périphériques extérieurs

L'opérateur réalise lui-même certaines commandes :

- Il peut intervenir par l'intermédiaire des afficheurs digitaux (cf chapitre I. § 4.1.) en actionnant un bouton poussoir qui a pour effet d'incrémenter les

valeur initiale 170 du taux de transmission (expli-  
-cité précédemment) ; il a ainsi la possibilité de mar-  
-quer des événements particuliers (jusqu'à 9) lors de  
l'enregistrement.

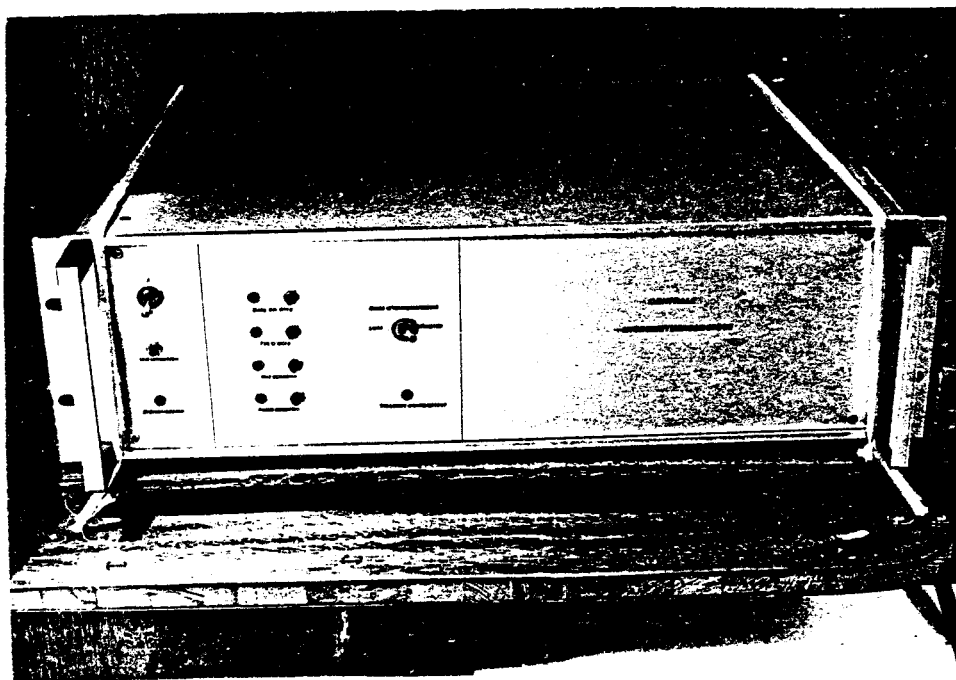
- Par l'intermédiaire des boutons poussoirs situés sur  
le panneau avant de la centrale (cf photo n° 8), l'opé-  
-rateur réalise la commande de l'enregistreur nu-  
-mérique : on se reportera au point suivant (cf  
chapitre I. § 3.2.).

Les données numériques de la première pile sont com-  
-partées en une seconde pile ASCII compatible avec  
l'enregistreur, et la centrale réalise des tests de con-  
-trôle avant chaque envoi de séquence de données  
vers l'enregistreur.

- Les enregistreurs papier et les afficheurs analogiques  
offrent également à l'entraîneur divers modes de fonc-  
-tionnement (cf chapitre I. § 4).

photo 8

centrale  
d'acquisition  
de données.



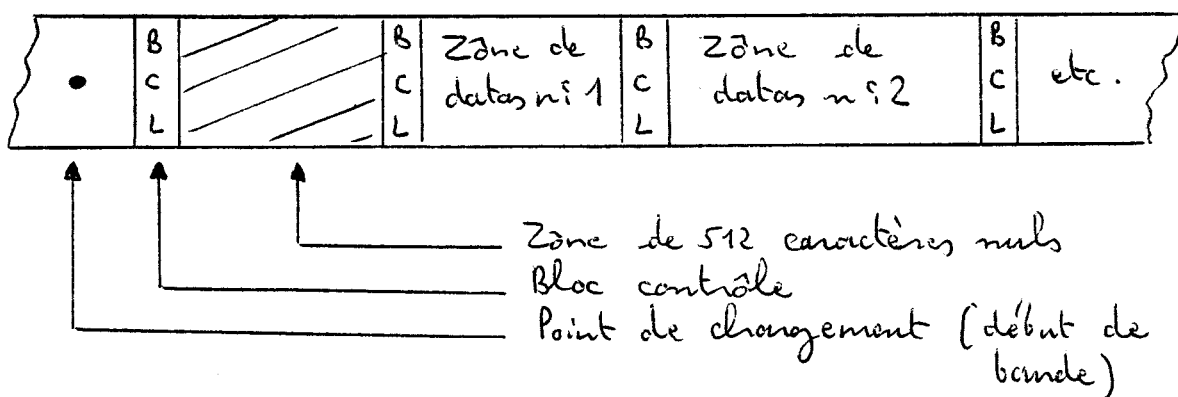
### I.3.2. L'enregistreur numérique à bandes magnétiques

\* Devant la défaillance des enregistreurs numériques industriels utilisés lors des campagnes de mesures du "470 labo" (référence 1), un enregistreur numérique plus performant et capable notamment de supporter des conditions difficiles de fonctionnement, (chocs, milieux salins, etc.) a été conçu et réalisé au Laboratoire par Bertrand GABILLARD (référence 12).

Il est par ailleurs utilisé dans le cadre des recherches effectuées avec le "470 labo" et pour les prises de mesures électromagnétiques réalisées par le laboratoire. On se reportera à la photo n° 9.

\* Rappelons pour mémoire ses caractéristiques essentielles :

- débit d'enregistrement de 6800 Bauds
- possibilité à la lecture d'avoir une vitesse de débit deux fois plus rapide, soit 13600 Bauds
- structuration suivante des enregistrements :



\* En ce qui concerne la redette météo : Les zones de datas comprennent un nombre entier de minutes enregistrées.

A, B, C, D étant des caractères ASCII représentant les chiffres significatifs, un échantillonnage complet de mesures se présente de la façon suivante : (pile organisée par la centrale)

1: Azimuth vent vrai	: A B C D	(LF)	en $\frac{1}{10}^{\circ}$
2: Vitesse vent vrai	: A B C D	(LF)	en $\frac{1}{100}$ nœd
3: Girouette	: A B C D	(LF)	en $\frac{1}{10}^{\circ}$
4: Anémomètre	: A B C D	(LF)	en $\frac{1}{100}$ nœd
5: Speedomètre	: A B C D	(LF)	en $\frac{1}{100}$ nœd
6: Compas	: A B C D	(LF)	en $\frac{1}{10}^{\circ}$
7: Baromètre	: A B C	(LF)	en $\frac{1}{10}$ mbars au-dessus de 950 mbars.
8: Ensoleillement	: A B C	(LF)	sans unité: saturation à 999
9: Température d'eau	: A B C	(LF)	en $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$
10: Température d'air	: A B C	(LF)	en $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$
11: Température d'air saturé d'eau	: A B C	(LF)	en $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$
12: Taux de transmission et événements	: A B C	(LF)	sans unité: 170 + numéro d'évènement

Le Line Feed (LF) est utilisé comme séparateur de données.

Soit au total 54 caractères ASCII soit 432 bits à transmettre toutes les 2,5s: nous constatons que cette cadence est bien inférieure aux possibilités de l'enregistreur:

C'est pourquoi la centrale n'envoie à l'enregistreur ces informations que par groupe de cinq séquences successives en vidant une pile de stockage (c'est à dire toutes les 12,5 secondes en mode rapide et toutes les 50 secondes en mode lent: voir page suivante).

\* Nous avons vu précédemment que la gestion de l'enregistreur était réalisée par l'opérateur par l'intermédiaire de 4 boutons voisins de la centrale :

### 1 - initialisation cassette :

Deux fonctions sont effectuées :

- La bande se positionne à son point de changement, inscrit un bloc contrôle, une zone de 512 caractères nuls (2 blocs physiques de 256 octets) et un bloc contrôle.

- Une initialisation a lieu au niveau du programme d'acquisition avec également à ce niveau deux possibilités suivant le positionnement préalable d'un interrupteur de cadencement de la centrale :

- si ce dernier occupe la position "rapide" : les données sont transmises, comme indiqué précédemment, à l'enregistreur. La capacité d'enregistrement d'une bande est d'environ 270 000 octets (cf référence 12) ; nous avons limité, compte tenu d'une marge de sécurité suffisante, les enregistrements à une durée totale de 3 heures par bande (soit au maximum 233 280 octets).

- s'il occupe la position "lent" : seul un train complet de mesures sur quatre est transmis (avec perte des trois autres). Rappelons qu'une mesure est la moyenne de dix échantillons : ce qui réalise déjà un filtrage ; par suite, la perte des autres informations (3 sur 4) à ce stade n'est pas gênant, car dans ce cas nous étudions les variations lentes du vent. La capacité d'une bande est alors portée à 12 heures.

### 2 - Mise en enregistrement :

Permet de lancer un enregistrement, la cen-



-trale pouvant par ailleurs ne servir que d'indicateur d'informations.

### 3- Fin d'enregistrement :

Permet de stopper un enregistrement : celui-ci s'arrête à minute édue et se termine par inscription sur la bande d'un bloc contrôle. On peut ensuite continuer sur la même bande et lancer d'autres enregistrements : au dépouille-ment (cf chapitre II. § 2.), les différents enregistrements constituent les zones de données et sont ainsi séparés par les blocs contrôle.

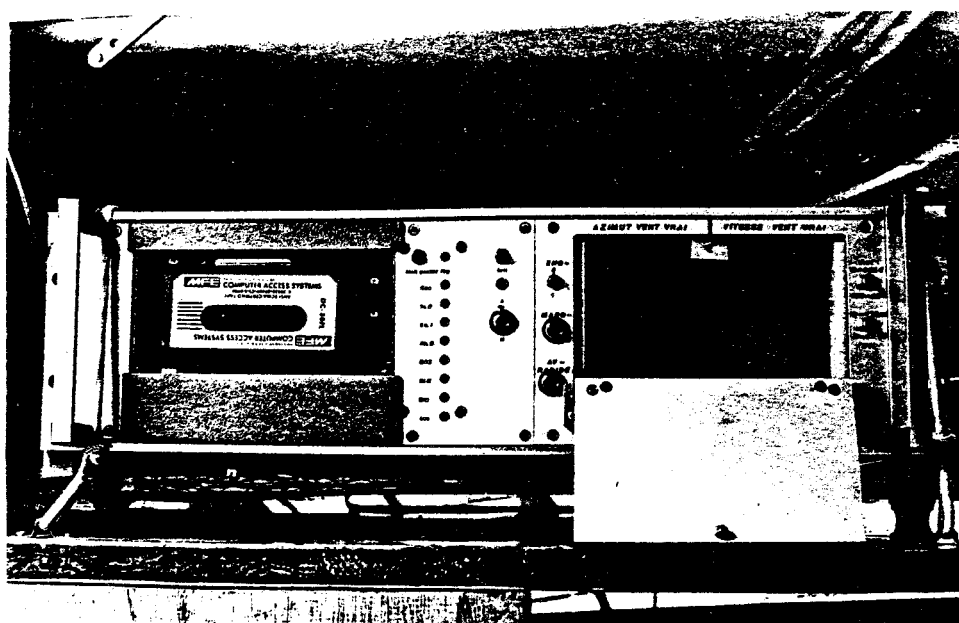
### 4- Rembobinage cassette :

Permet de rembobiner la cassette : si le temps total des différents (ou d'un) enregistrements atteint 3 heures en rapide ou 12 heures en lent, il y a rembobinage automatique à ce terme.

Toutes ces différentes fonctions sont contrôlées et affichées pour l'utilisateur par l'intermédiaire de diodes électroluminescentes.

photo 9

Enregistreur  
numérique  
à cassettes.



## I.4. L'accès en temps réel à l'information

Nous avons vu que la centrale d'acquisition de données permet l'enregistrement de paramètres météorologiques sur un plan d'eau. Mais elle est d'autre part un parfait outil d'observation en temps réel de ces conditions météorologiques, en particulier de part le calcul du vent réel qu'elle effectue en permanence.

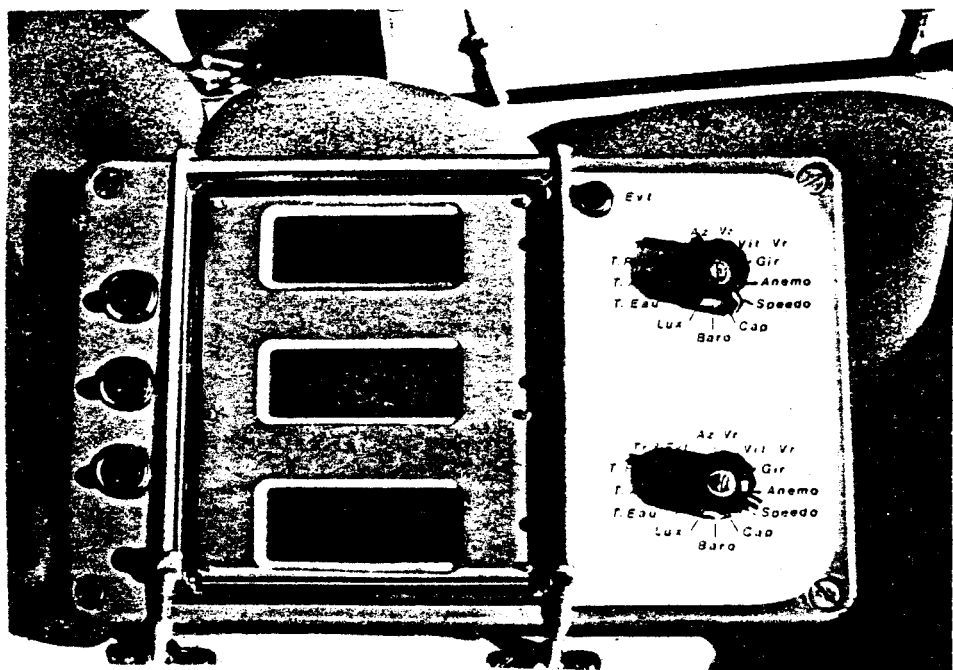
Ainsi l'opérateur (ou l'entraîneur) dispose de trois éléments de visualisation de l'information :

### I.4.1. Afficheurs à cristaux liquides

On se reportera à la référence 13, en ce qui concerne leur réalisation.

photo 10

Unité  
d'afficheurs  
à cristaux  
liquides.



\* Extérieurement, ils comprennent :

- trois bandeaux de cristaux liquides.

- Deux boutons rotacteurs qui assurent la sélection sur les deux bandeaux supérieurs de deux paramètres d'affichage parmi les douze transmis par la centrale (cf chapitre I § 3.2.) : le paramètre est toutefois affiché en mètres, et le point décimal est placé de façon adéquate pour les données exprimées en dixièmes et centièmes.

- Deux commutateurs à gauche qui verrouillent l'affichage de un (ou des deux) paramètres sélectionnés. Cela permet à l'opérateur de noter les valeurs concernées (pour un relèvement compass par exemple). La fonction de verrouillage est confirmée par des LED. Par bascule de ces commutateurs dans leur position normale, nous retrouvons le rafraichissement toutes les 2,5 secondes.

- Le bandeau inférieur qui indique le temps d'enregistrement du bloc en cours (si l'entraîneur a déjà effectué plusieurs enregistrements sur la même bande) ou par commutation du troisième interrupteur de gauche, qui indique le temps total restant disponible sur la bande.

- Enfin, le bouton poussoir dont nous avons parlé précédemment (cf chapitre I, § 3.1) qui permet de marquer des événements sur la bande comme par exemple : un départ de régate, le passage de la vedette à une marque du parcours ou à un point repéré sur une carte marine, ou toute autre situation particulière.

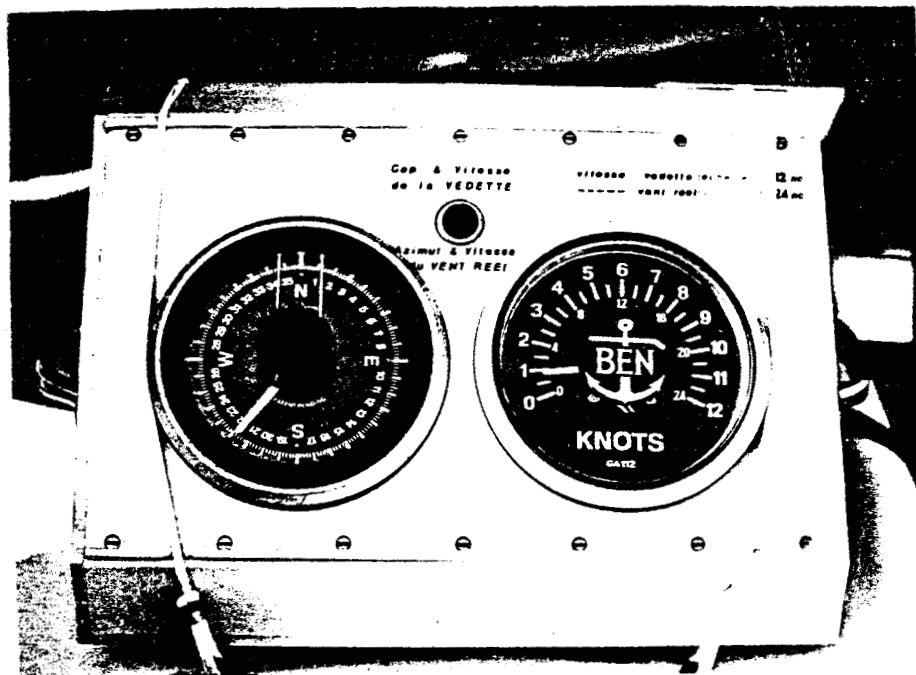
\* La commande des afficheurs est multiplexée, les boutons rotacteurs sélectionnent les deux voies affichées. Les valeurs numériques sont codées en BCD sur 2 octets (Haut et Bas) car chaque bandeau comprend 4 chiffres, chacun d'eux étant commandé par un décodeur BCD / 7 segments.  
On se reportera à la référence 13.

## I.4.2. Afficheurs analogiques

Par l'intermédiaire d'une carte de sorties analogiques intégrant donc en particulier un convertisseur Digital / Analogique et un démultiplexeur, la centrale gère un double afficheur à aiguille avec deux possibilités.

photo 11

Afficheurs analogiques.



En effet, par commutation d'un interrupteur, nous pouvons afficher simultanément, soit :

- Le cap et la vitesse de la vedette.
- L'azimut et la vitesse du vent vrai calculé en temps réel.

Il est à noter que le cadran donnant l'angle (cap vedette ou azimut vent vrai) est le répéteur compas MCB : il est donc attaqué par les trois voies reconstituées Sinus, Cosinus et Référence zéro volt.

A l'usage, ces afficheurs sont plus visuels que les cristaux liquides, dans le sens où ils rendent mieux compte des variations des paramètres.

### I.4.3. Enregistreurs papier

Nous avons installé dans le rack de l'enregistreur numérique (cf. photo 9) deux enregistreurs papier de type électrocardiogramme, gérés par les contrôle et qui enregistrent avec des vitesses de déroulement du papier sélectionnables, l'un l'azimut du vent vrai et l'autre sa vitesse.

Ces deux enregistreurs utilisent le même circuit de régulation de vitesse afin de synchroniser leur déroulement de papier (nous avons déconnecté à cet effet l'un des deux circuits de régulation intégré dans l'électronique des enregistreurs).

Nous avons introduit d'autre part la possibilité de marquer automatiquement des tops sur le papier par action sur un bouton poussoir (qui provoque un court-circuit au niveau des entrées analogiques et entraîne un retour des plumes à zéro).

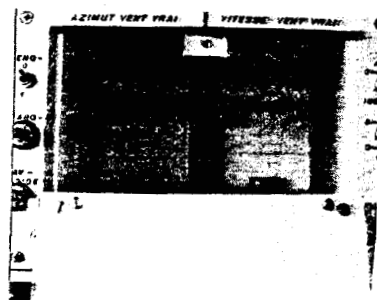
Nous avons également introduit deux choix d'échelles :

- Azimut de 0 à 225° ou de 180 à  $(360 + 45)^\circ$  : il y a recouvrement de 45°, dans le cas où le vent serait à cheval sur les deux échelles.

- Vitesse de 0 à 13,5 nœuds ou de 0 à 27 nœuds.

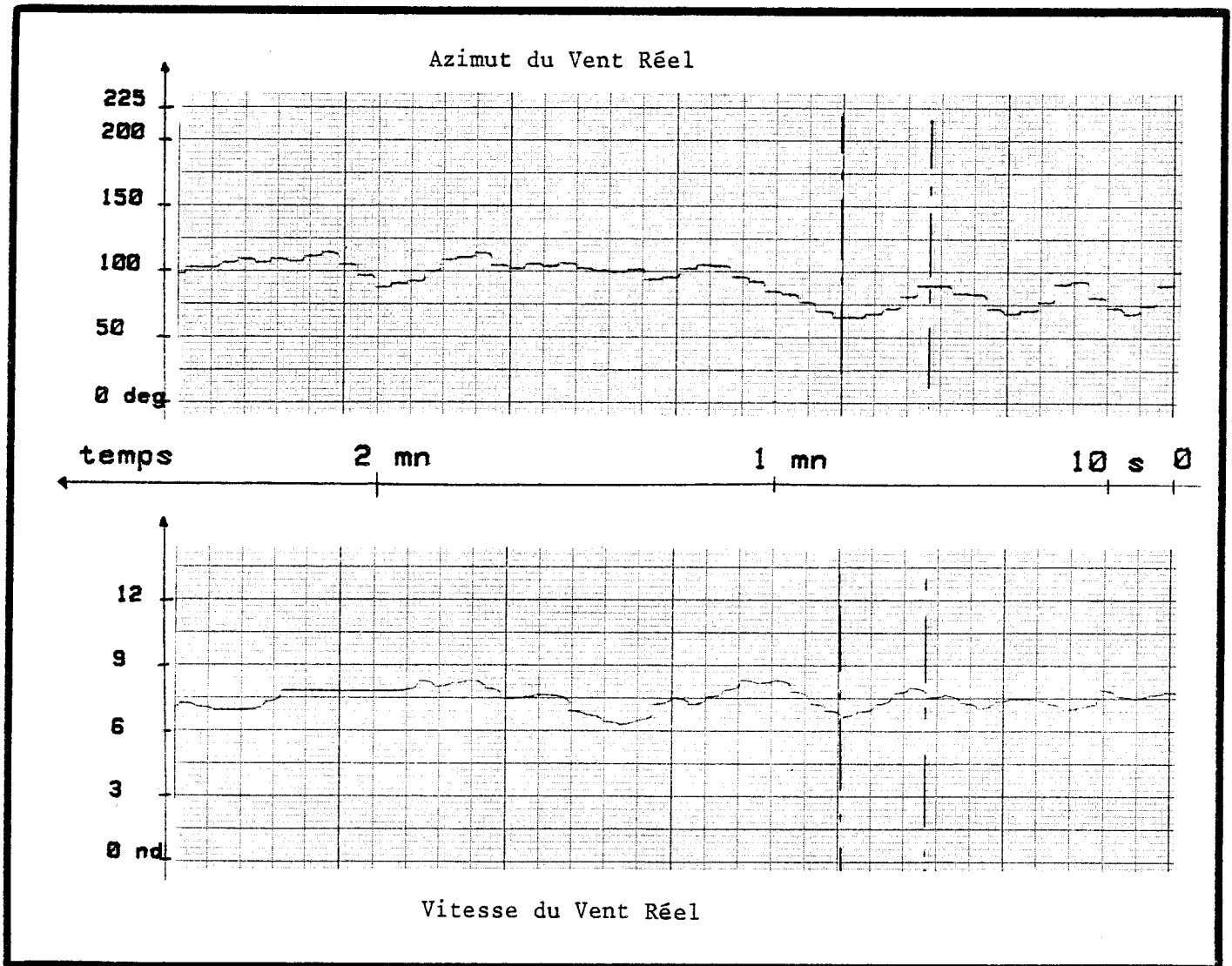
photo 12

La photo ci-contre montre le détail des enregistreurs avec la mise en route, le marqueur d'événements et l'avance rapide du papier à gauche, le choix des deux échelles et le choix de la vitesse de défilement (2 ou 6 cm/s) à droite.



Les enregistrements ainsi obtenus se sont révélés très intéressants:

En effet l'entraîneur et les coureurs disposent juste avant le départ des régates de l'enregistrement du vent réel pendant par exemple une période de 30 minutes. Ils peuvent ainsi essayer de dégager les tendances du vent, comme par exemple sur le tracé suivant, effectué pendant la 13<sup>ème</sup> semaine préolympique de Hyères en Avril 1981.



## Chapitre II

### LE SYSTEME DE TRAITEMENT

## II.1. Architecture

Nous utilisons deux ordinateurs de marque Hewlett - Packard, l'un (HP9835B) disposant de 56 K de mémoire vive (RAM) et le second (HP9845B) de 188 K de RAM.

Chaque ordinateur est muni d'une unité à cartouche magnétique HP et est connecté à divers périphériques tels que unité de disques souples, imprimante et table traçante.

Le langage de programmation (BASIC) est résident en mémoire morte (ROM) et nous disposons de ROM d'extension supplémentaires nécessaires à la gestion des périphériques extérieurs :

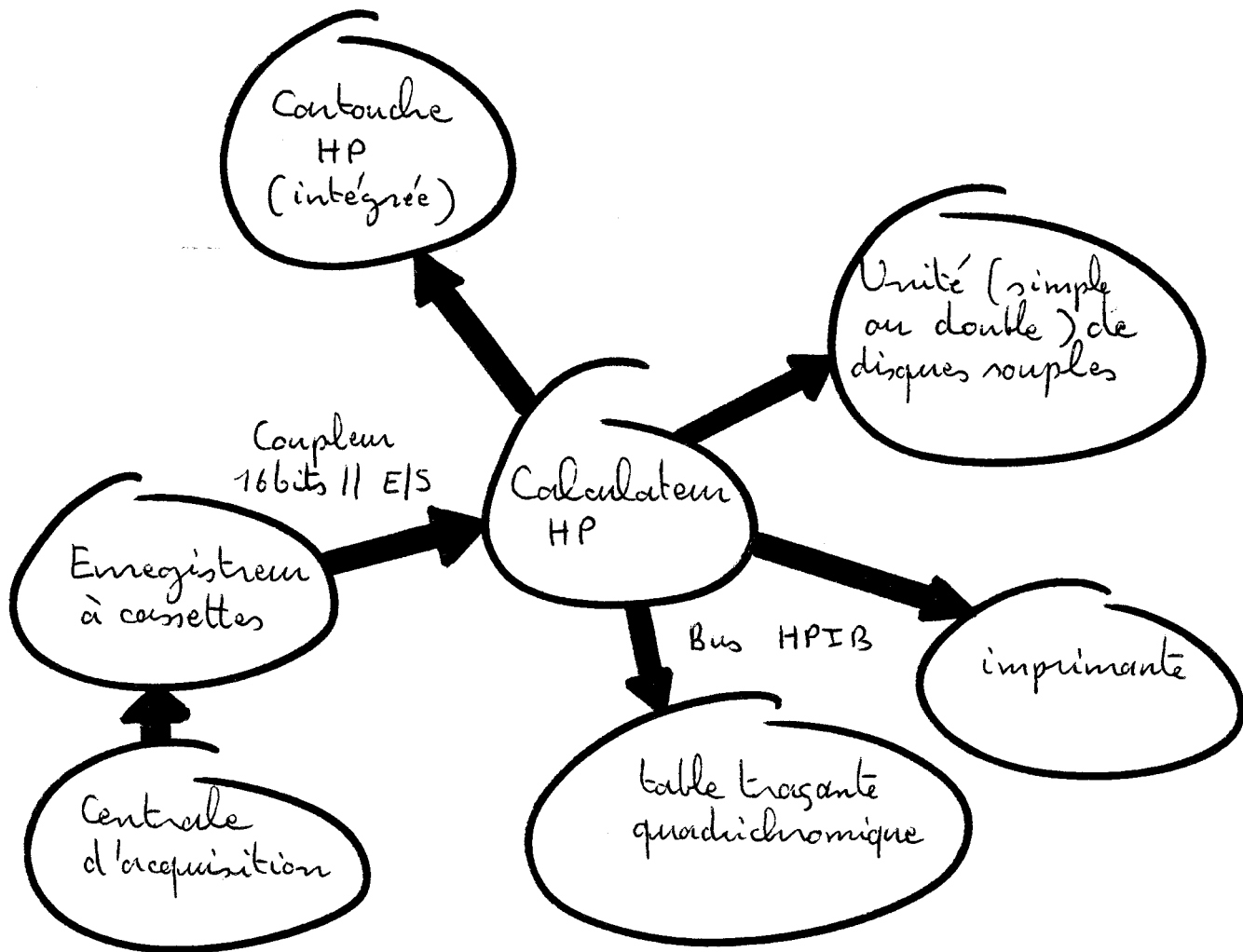
- ROM I/O : dialogue d'Entrées / Sorties en particulier pour le couplage avec les appareils réalisés au laboratoire (enregistreur numérique, capteur de force).
- ROM Mass Storage : Gestion de l'unité de disques.
- ROM Printer / Plotter : Gestion de la table traçante et de l'imprimante.

Nous disposons de plus :

- Assembly ROM : Développement et Exécution de l'assembleur : elle s'est avérée utile pour augmenter la vitesse d'exécution de certains programmes (transfert de banques de données) et nécessaire pour contrôler de façon précise (pas à pas et bit à bit) des dialogues particuliers avec nos appareils de mesure.



L'architecture de ce système de traitement est la suivante :



A l'aide de ce système informatique, nous avons réalisé les programmes de :

- Transfert des données Enregistreur → Calculateur
- Restitution graphique de ces données (fil-trace mathématique).
- Restitution de la trajectoire de la redette etc.


On se reportera aux paragraphes suivants.

## II.2. Transfert des enregistrements numériques

Les données sont acquises dans le calculateur par la relecture des cassettes MFE de l'enregistreur numérique. Le dialogue s'effectue par l'intermédiaire de l'interface d'Entrées/Sorties à 16 bits parallèles (référence 20) : nous nous sommes affranchis du dialogue standard Hewlett Packard et utilisons d'autres lignes de l'interface d'E/S afin que l'ordinateur reste maître vis à vis de l'enregistreur.

L'enregistreur est entièrement programmable par codes fonctions, et l'ordinateur réalise sa commande par l'intermédiaire des codes décimaux suivants :

(L'ordre d'envoi étant : WRITE BIN 2;  $\square$ ,  $\square$ ,  $\square$ )

Sélection de l'interface   
Envoi de 2 ou 3 codes décimaux

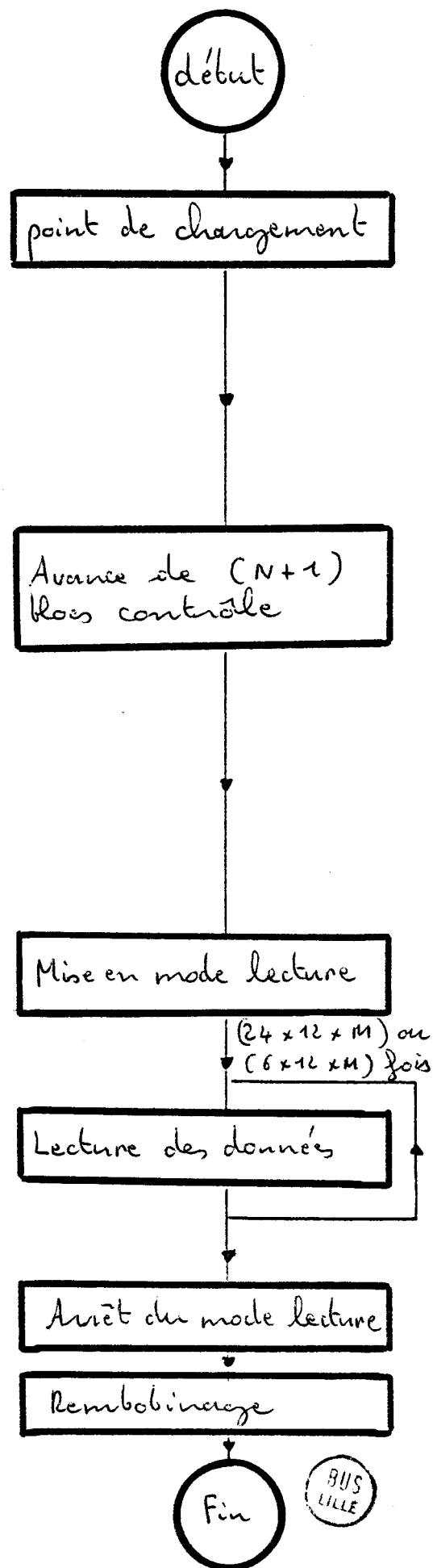
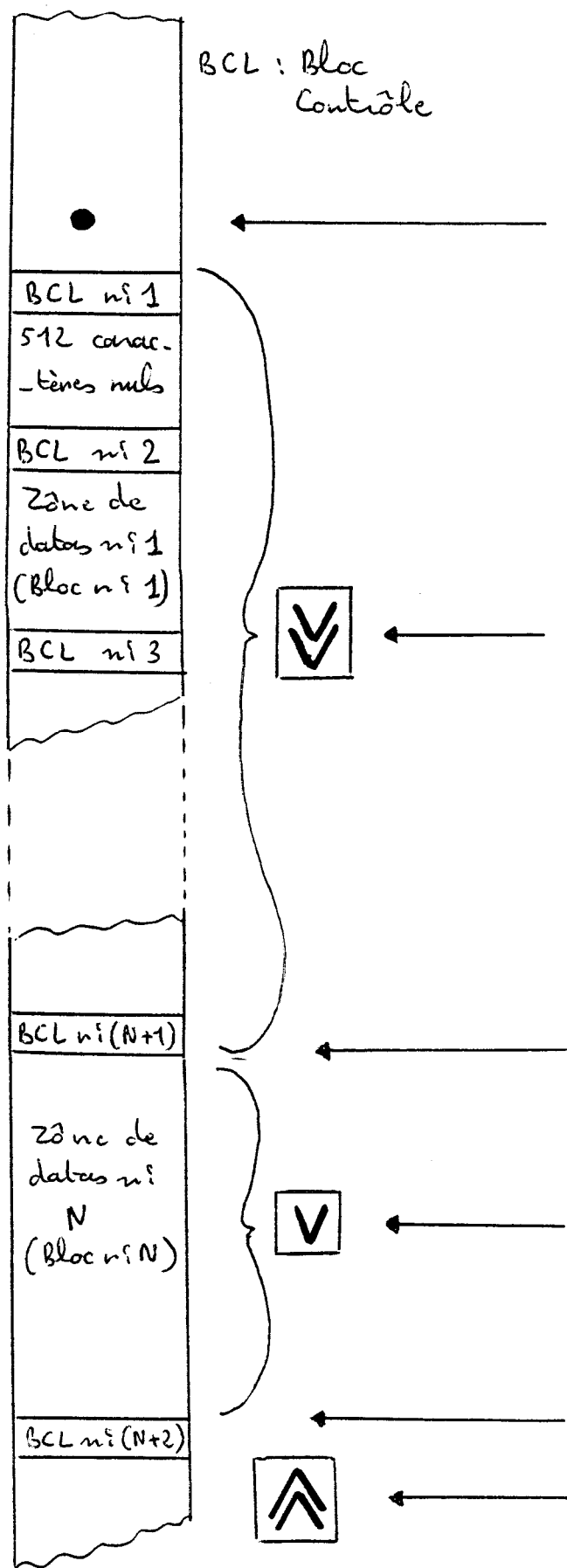
On se reportera à l'annexe VII )

Rembobinage	: 27, 25
Point de chargement	: 27, 26
Mise en mode lecture à 6800 bauds	: 27, 17
Mise en mode lecture à 13600 bauds	: 27, 5
Fin du mode lecture	: 27, 19
Avance d'un bloc contrôle	: 27, 7
Avance de N blocs contrôle	: 27, 3, N
Avance d'un bloc physique	: 27, 9

Nous n'avons donné que ce tableau des codes nécessaires à la relecture, puisque nous n'utilisons pas le diure en enregistrement : pour plus de détails, le lecteur se reportera à la thèse de Bertrand GABILLARD, référence 12).

Ainsi l'acquisition en mémoire centrale de l'ordinateur d'un  $N$  ième bloc de données de  $M$  minutes (et comprenant donc  $24 \times 12 \times M$  données en mode rapide et  $6 \times 12 \times M$  données en mode lent) s'effectue de la façon donnée à la page suivante.

Cassette MFE → commandée par → Ordinateur



Dans un premier temps, nous avons utilisé les macros-instructions d'entrées/sorties du BASIC pour écrire le programme correspondant, mais ce faisant nous n'utilisions pas toutes les possibilités de l'enregistreur de cassettes car l'interpréteur du basic limitait la vitesse de transfert à 1500 bauds, à raison de  $24 \times 12 \times 10$  données pour 10 mn d'enregistrement, soit  $240 \times 66$  caractères ASCII, séparés de données inclus, un transfert de 10 mn enregistrées s'effectuait en 85 secondes. Nous avons alors utilisé une routine de lecture en assembleur, réalisant la gestion des dialogues, l'acquisition des ASCII et la conversion ASCII/binaire. Dans ces conditions, c'est la vitesse du drive qui limite le débit à 13600 bauds : le transfert s'effectue alors en 9 secondes. Le gain de temps ainsi obtenu est très appréciable : en effet il est courant d'enregistrer les données météorologiques sur une régate qui peut s'étaler sur trois heures ; le transfert seul (sans compter le stockage sur support magnétique) demandait alors 26 mn par le programme basic et les concurrents, de leur côté, étaient désireux de connaître dès leur retour à terre les conditions météorologiques dans lesquelles s'est déroulée la régate (afin de savoir si leur stratégie de course était la bonne). Le transfert de ces trois heures par le programme assembleur ne demande, lui, plus que 2 mn 45 s.

Les programmes (BASIC et ASSEMBLEUR) fournis dans l'annexe VII réalisent également les fonctions suivantes :

- le changement des données par fichier de 10 mn en rapide (40 mn en lent) soit 240 points de mesures, sur cartouches HP ou disquettes.
- la gestion du transfert pour une séquence de plusieurs blocs (de durées variables) enregistrés sur une cassette MFE.
- l'insertion de commentaires sur les fichiers.
- le contrôle des erreurs de l'opérateur, en particulier en ce qui concerne les Unités de Stockage de Masse.

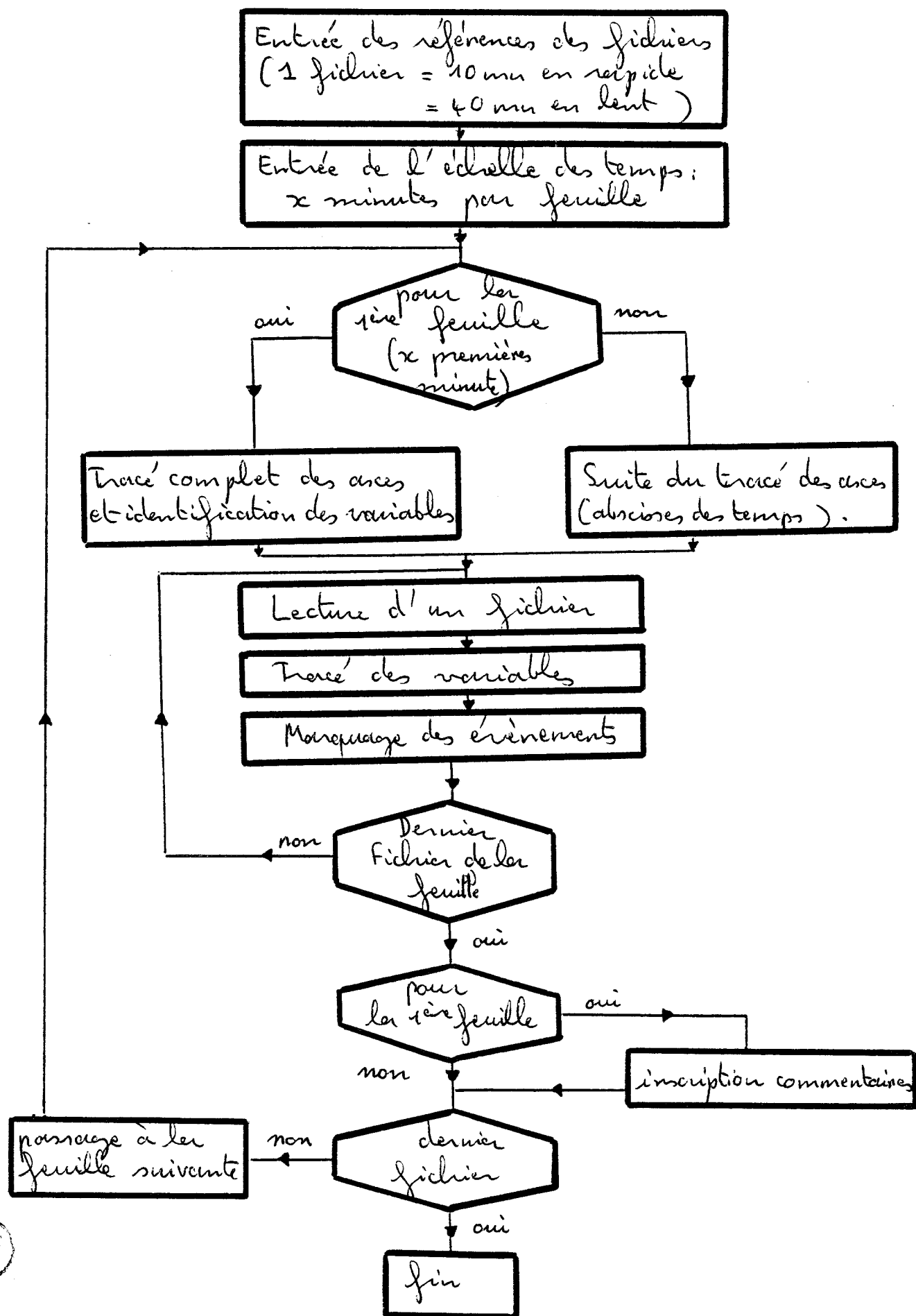
## II. 3    Synoptique des mesures

Nous avons écrit deux programmes qui res-  
tituent sur table traçante ou sur visu avec  
copie sur imprimante graphique, les données brutes  
telles qu'elles ont été enregistrées par le diure  
de cassettes, donc sans aucun traitement ma-  
thématique:

— Le premier reproduit toutes les données  
et nous a été en particulier nécessaire dans la phase  
de mise au point des capteurs.

— Le deuxième reprend uniquement les  
données spécifiquement météorologiques, à savoir  
baromètre, ensoleillement et les trois tempéra-  
tures (eau, air, air saturé d'eau).

Pour ces deux programmes, l'organigram-  
me est donné page suivante.

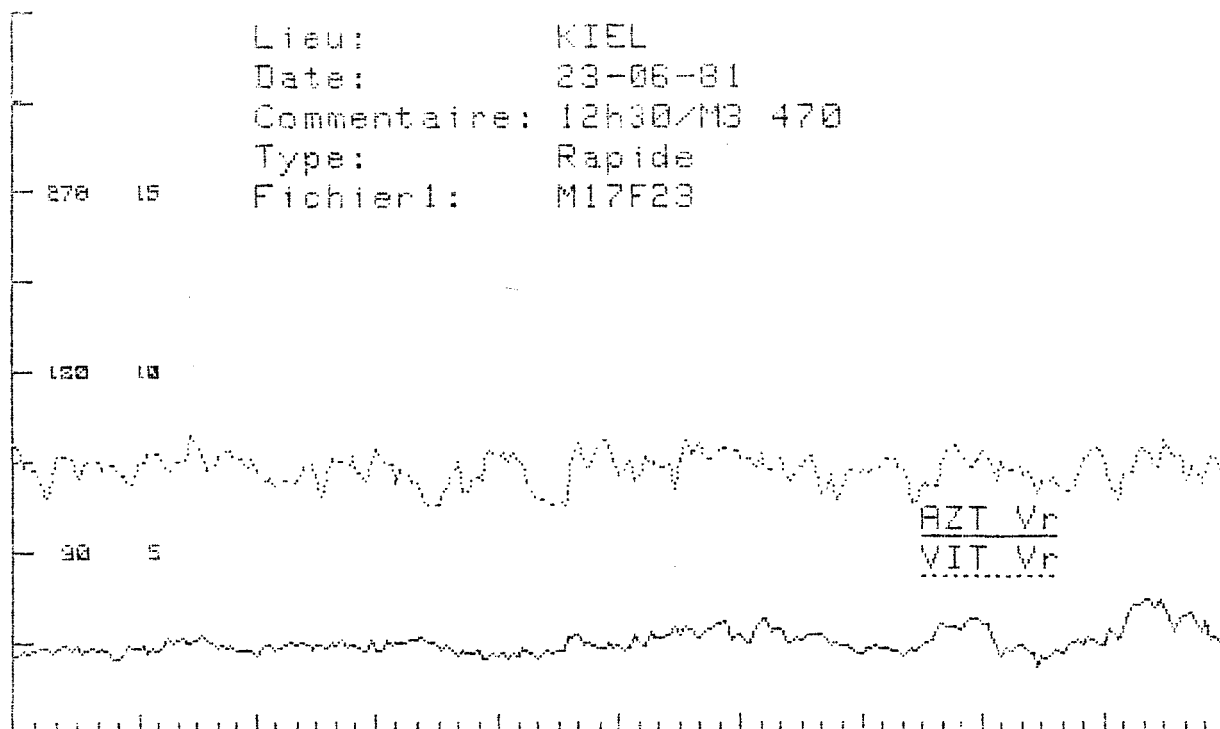


Le lecteur se reportera à l'annexe VIII en ce qui concerne les explications détaillées de ce programme.

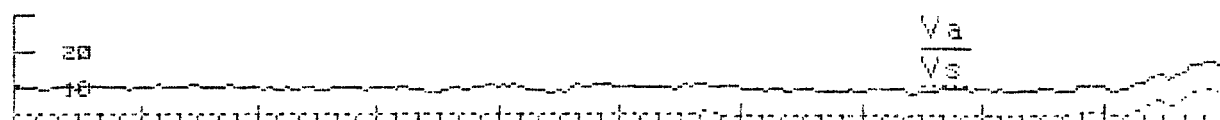
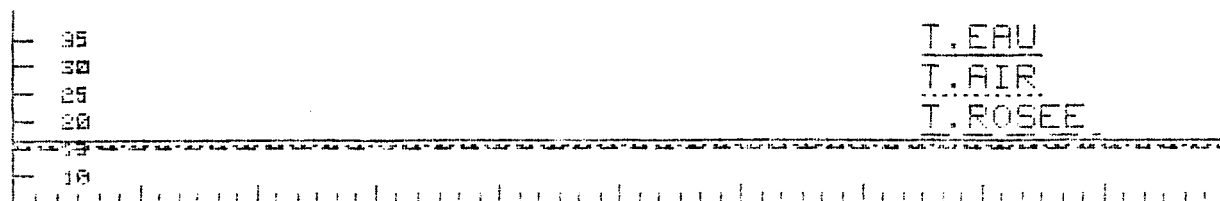
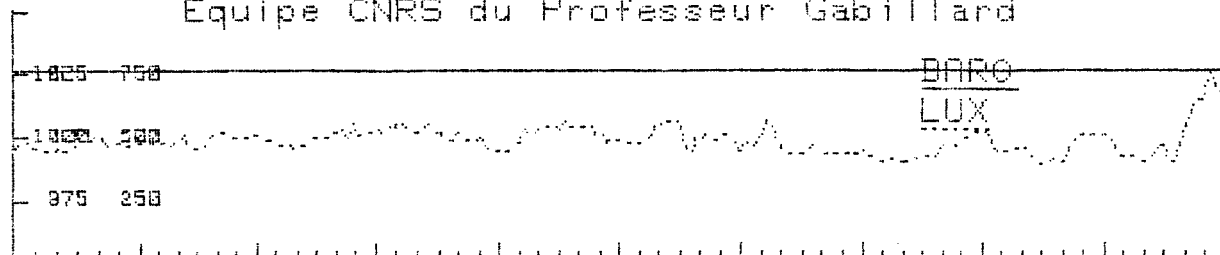
Nous donnons, pages suivantes, des exemples d'exécution réalisés à partir des enregistrements effectués pendant la semaine internationale de Kiel en juin 1981 (99<sup>ème</sup> année de sa création).



Lieu: KIEL  
 Date: 23-06-81  
 Commentaire: 12h30/M3 470  
 Type: Rapide  
 Fichier1: M17F23



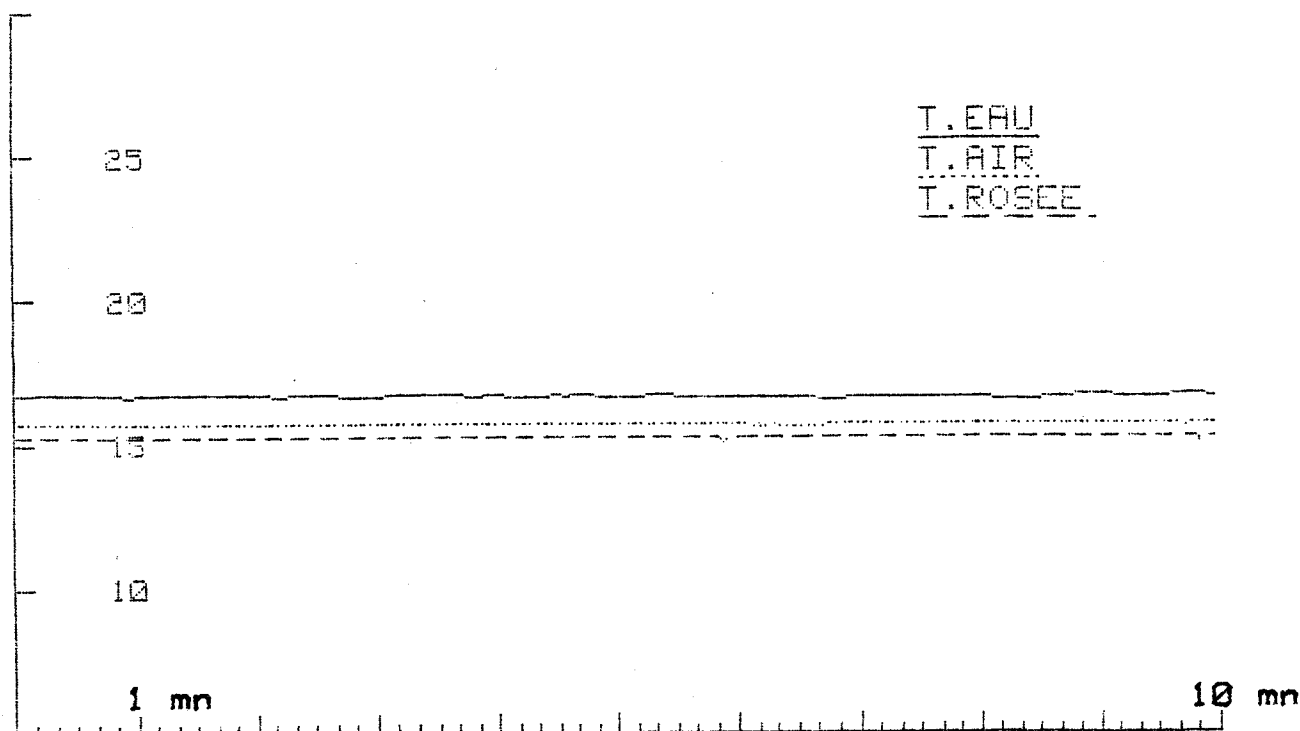
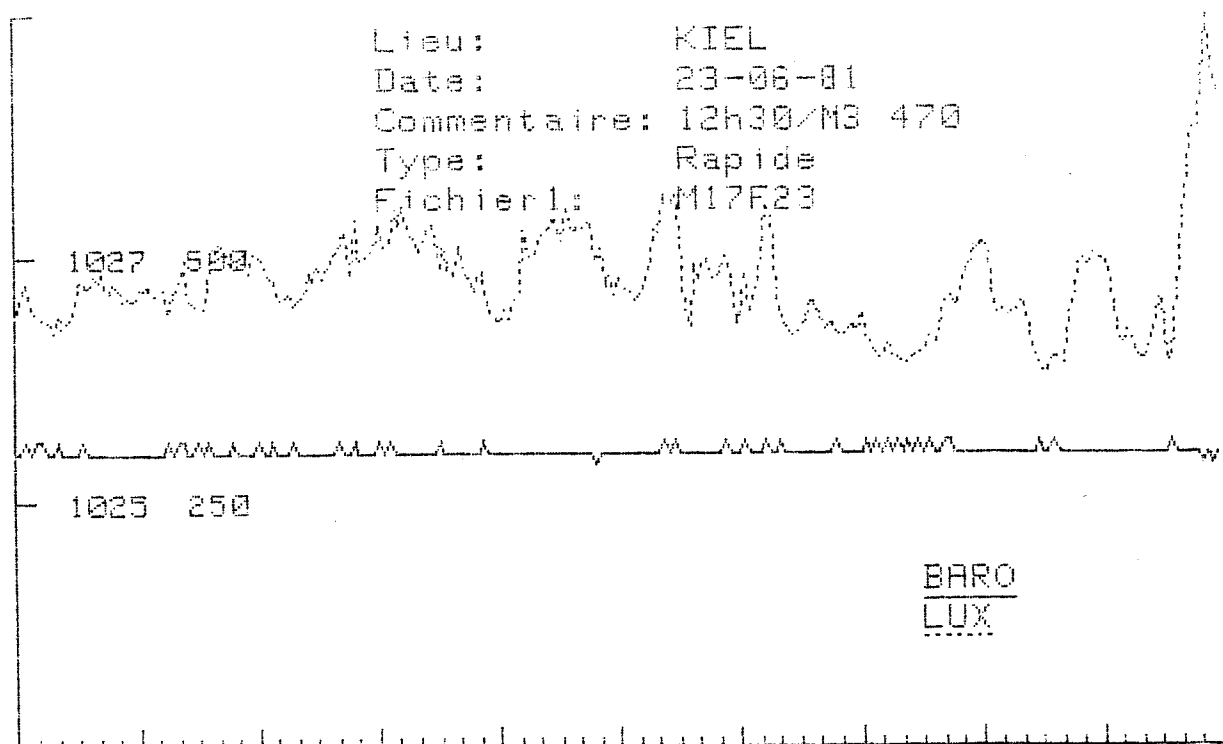
Equipe CNRS du Professeur Gabillard



1 mn

10 mn

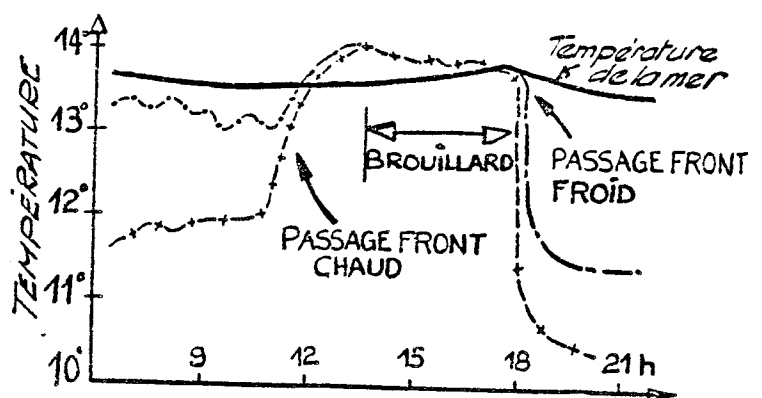
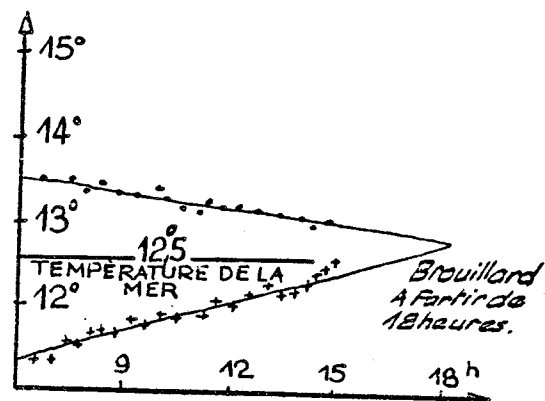
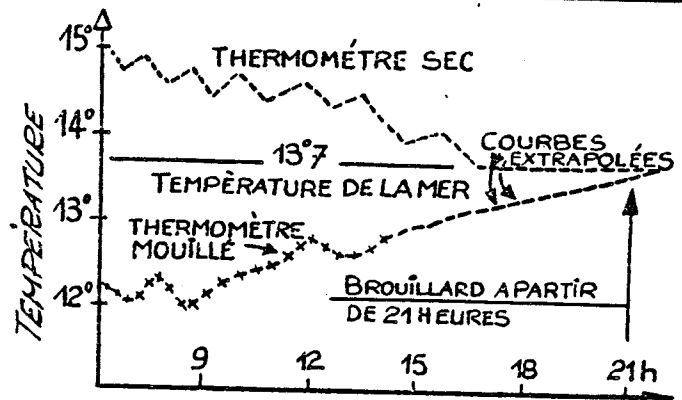




Le tracé précédent des températures d'eau, d'air et d'air saturé d'eau, nous est utile pour fournir les premiers éléments d'observations nécessaires à l'interprétation qu'en feront les météorologistes, comme l'illustrent, par exemple, les relevés suivants (René MAYENÇON, référence 3):

Les exemples illustrés ci-contre permettent de réaliser des prévisions sur l'apparition et la disparition de brouillard.

Nous avons ici affaire à un type de brouillard, dit "brouillard d'advection" qui est apporté par des vents humides arrivant sur une étendue de mer froide.



Toutes ces données sont donc enregistrées par la "redette météo", en plus du vent. Nous réalisons ainsi des relevés et des tracés automatisés par l'intermédiaire de l'ordinateur.

Par suite, l'extrapolation du trace obtenu avec la redette peut permettre la prévision d'un tel phénomène.

Nous pouvons fournir ces diverses courbes aux spécialistes de la météorologie ; l'avantage de notre système est d'éviter des relevés longs et fastidieux et de disposer d'un puissant moyen d'interprétation que représente notre outil informatique.

II. 4. 1. Problèmes posés

Nous avons vu de quelle façon le vent réel est calculé en permanence et au temps réel par la résolution du triangle des vitesses

Vent apparent - Vitesse de la vedette

Mais ce calcul ne tient pas compte des trois sources d'erreurs suivantes, à savoir :

- 1) courant induisant une erreur sur la vitesse de la vedette.
- 2) inclinaison du mât de la vedette (gîte et tangage) induisant une erreur sur le vent apparent.
- 3) Effet des vents induits provoqués par les accélérations de la vedette.

1) Effet du courant

Le vent réel est produit par le déplacement du milieu "air" par rapport au milieu "eau", que nous considérons comme un lieu de référence. Or à l'aide des capteurs de la vedette, nous ne pouvons mesurer que la vitesse de déplacement du milieu "air" par rapport à la vedette, nous ne pouvons pas mesurer la vitesse de déplacement du milieu "eau" par rapport à la vedette.

Soit :

$V_{\text{air}} = V_{\text{eau}} + V_{\text{rel}}$

la vitesse du vent réel

la vitesse du vent apparent

la vitesse de la vedette par rapport à l'eau

la vitesse du courant

Sans tenir compte du courant, nous avons :

$$\vec{v}_r = \vec{v}_a + \vec{v}_s$$

En introduisant la composante du courant :

$$\vec{v}_r = \vec{v}_a + \underbrace{\vec{v}_s + \vec{v}_c}$$

vitesse de la vedette  
par rapport à la terre.

Car le calcul du vent réel est effectué en temps réel ; les résultats fournis à bord de la vedette restent donc entachés de cette erreur.

Mais ultérieurement, à l'aide des ordinateurs, nous pourrions introduire la composante du courant (pourvu qu'on en connaisse une approximation : on se reportera au point suivant chapitre II § 5) et reprendre le calcul du vent réel.

## 2) Effet dû à l'inclinaison du mât

La girouette et l'anémomètre donnent la direction et le module du vent apparent dans un plan perpendiculaire au mât. Nous désirons mesurer le vent dans un plan horizontal. Il faut donc apporter des corrections aux mesures du vent apparent.

Les notations utilisées dans ce paragraphe sont les suivantes :

$\theta$  : angle de gîte  
 $\tau$  : angle de tangage

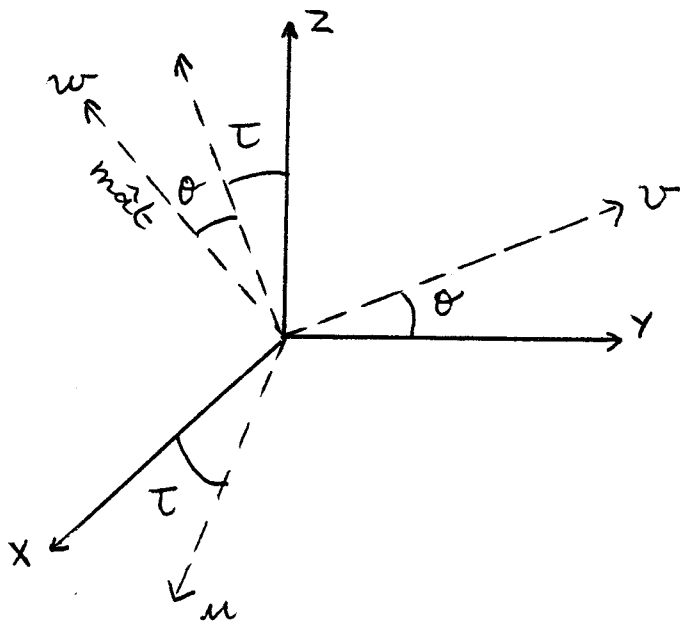
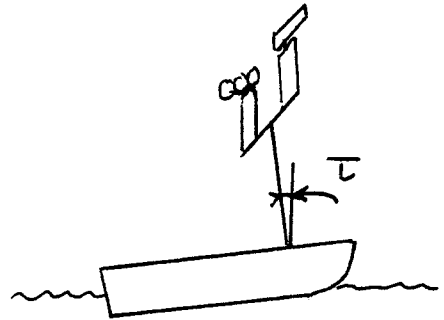
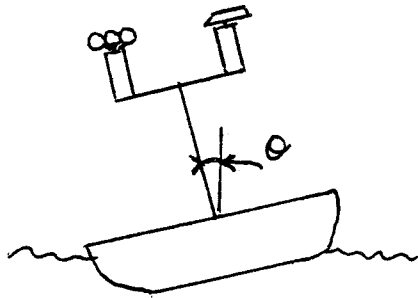
$\vec{u}$  : axe longitudinal de la vedette  
 $\vec{v}$  : axe transversal " " "  
 $\vec{w}$  : axe colinéaire au mât.

$(x, y, z)$  : repère tel que  $(x, y)$  reste un plan horizontal,  $x$  étant colinéaire à l'axe de la redette.

$\alpha$  : angle mesuré par la girouette (repère  $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ )

$\alpha_h$  : angle de la girouette projeté dans le plan horizontal  $(x, y)$ .

$V_a$  : vent apparent mesuré par l'anémomètre de projections ( $V_{au}, V_{av}, V_{aw}$ ) dans le repère  $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$  et  $(V_{ax}, V_{ay}, V_{az})$  dans le repère  $(x, y, z)$



Nous recherchons les composante horizontale du vent dans le repère  $(x, y, z)$  soit  $(V_{ax}, V_{ay})$ .

Il s'agit d'un changement de repère :

Soit  $R_\tau$  la matrice de passage du repère  $(x, y, z)$  au repère  $(u, v, w)$  : rotation d'axe  $z$  :

$$R_\tau = \begin{pmatrix} \cos \tau & 0 & \sin \tau \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \tau & 0 & \cos \tau \end{pmatrix}$$

Soit  $R_\theta$  la matrice de passage du repère  $(u, v, w)$  au repère  $(u, v, w)$  : rotation d'axe  $u$  :

$$R_\theta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

d'où :

$$\vec{V} \Big|_{(x,y,z)} = R_\tau \cdot R_\theta \cdot \vec{V} \Big|_{(u,v,w)}$$

Soit :

$$\begin{pmatrix} v_{ax} \\ v_{ay} \\ v_{az} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \tau & \sin \tau \sin \theta & \sin \tau \cos \theta \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ -\sin \tau & \cos \tau \sin \theta & \cos \tau \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{au} \\ V_{av} \\ V_{aw} \end{pmatrix}$$



En négligeant, le vent ascendant, soit  $v_{az} = 0$ , il vient:

$$\begin{cases} v_{av} = \frac{1}{\cos \tau \cos \theta} [\sin \tau \cdot v_{au} - \cos \tau \sin \theta \cdot v_{av}] \\ v_{ax} = \frac{v_{au}}{\cos \tau} \\ v_{ay} = \frac{v_{av}}{\cos \theta} - \tan \tau \cdot \tan \theta \cdot v_{au} \end{cases}$$

Or, le module du vent apparent dans le plan horizontal est:

$$|v_{ah}| = \sqrt{v_{ax}^2 + v_{ay}^2}$$

et de même:

$$\varphi_h = \arctan \left( \frac{v_{ay}}{v_{ax}} \right)$$

Étudions les deux effets, gîte et tangage, séparément:

Effet de la gîte:

nous avons alors  $\tau = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{ax} = v_{au} \\ v_{ay} = \frac{v_{av}}{\cos \theta} \end{cases}$$

$$\text{or } \begin{cases} v_{ax} = |v_{ah}| \cos \varphi_h \\ v_{ay} = |v_{ah}| \sin \varphi_h \end{cases} \quad \text{et } \begin{cases} v_{au} = |v_a| \cos \varphi \\ v_{av} = |v_a| \sin \varphi \end{cases}$$

d'où :

$$|V_a| = \sqrt{v_{au}^2 + v_{av}^2} = \sqrt{v_{ax}^2 + v_{ay}^2 \cos^2 \theta}$$

$$\Rightarrow |V_a| = \sqrt{v_{ah}^2 \cos^2 \varphi + v_{ah}^2 \sin^2 \varphi (1 - \sin^2 \theta)}$$

$$\Rightarrow |V_a| = |V_{ah}| \times \sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi}$$

L'erreur relative commise sur le module du vent apparent est donc :

$$\boxed{\frac{\Delta v_a}{v_{ah}} = \left| \frac{v_a - v_{ah}}{v_{ah}} \right| = \left| \sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi} - 1 \right|}$$

D'autre part :

$$\varphi_h = \text{Arctg} \left( \frac{v_{ay}}{v_{ax}} \right) \text{ et } \varphi = \text{Arctg} \left( \frac{v_{av}}{v_{au}} \right)$$

$$\text{or } \frac{v_{ay}}{v_{ax}} = \frac{v_{av}}{v_{au}} + \frac{\cos \tau}{\cos \theta} - \sin \tau \cdot \text{tg } \theta$$

compte tenu que  $\tau = 0$  (étude de la gîte seule) :

$$\frac{v_{ay}}{v_{ax}} = \frac{v_{av}}{v_{au}} \times \frac{1}{\cos \theta}$$

$$\Rightarrow \text{tg } \varphi_h = \frac{\text{tg } \varphi}{\cos \theta}$$

D'où l'erreur relative commise sur la gîte -  
te :

$$\boxed{\frac{\Delta \varphi}{\varphi_h} = \left| \frac{\varphi - \varphi_h}{\varphi_h} \right| = \left| \frac{\varphi}{\text{Arctg} \left( \frac{\text{tg } \varphi}{\cos \theta} \right)} - 1 \right|}$$

Sur les figures de la page suivante, nous avons tracé les deux erreurs relatives  $\frac{\Delta v_a}{v_{ah}}$  et  $\frac{\Delta \varphi}{\varphi_h}$ , paramétrées par l'angle de girouette  $\varphi$ .

Nous constatons que pour un angle de gîte inférieur à 10 degrés, cette erreur reste faible (inférieure à 2%).

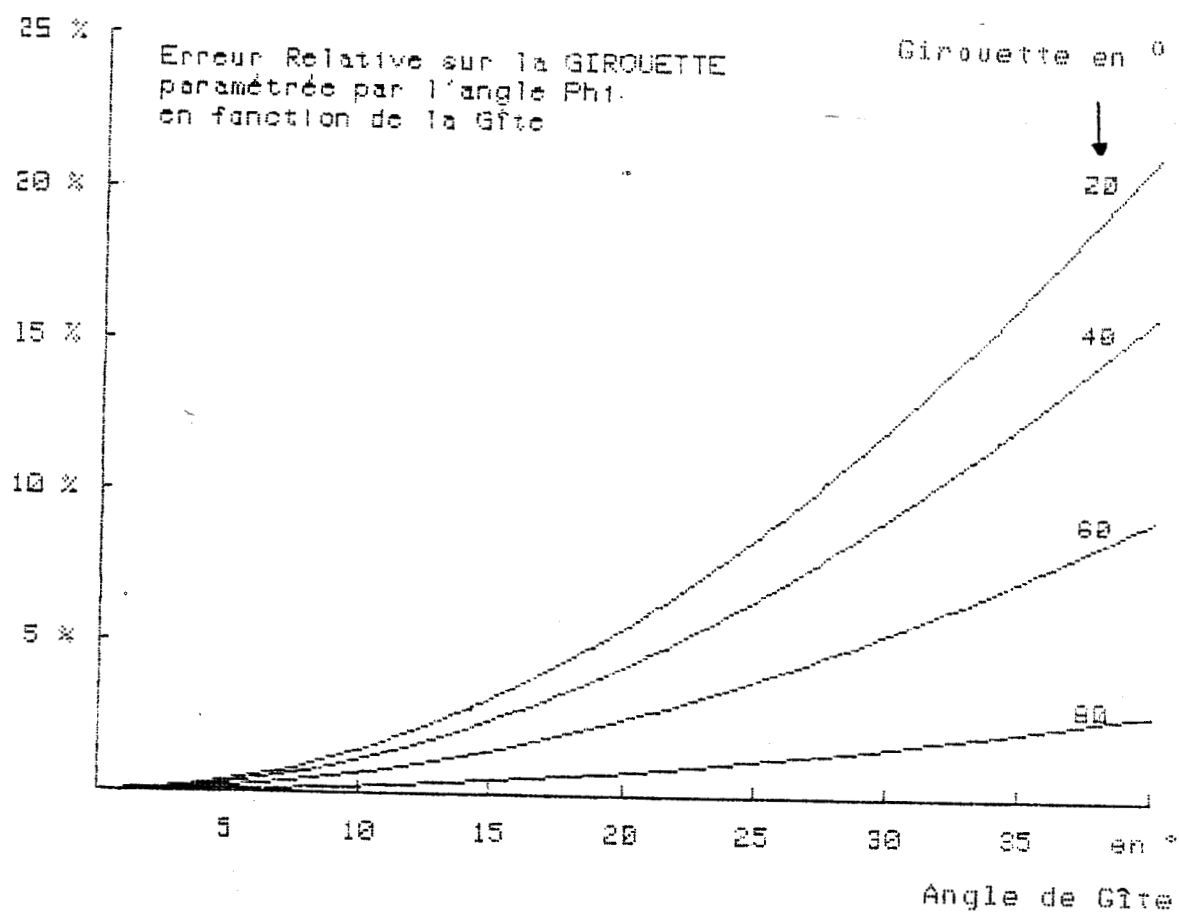
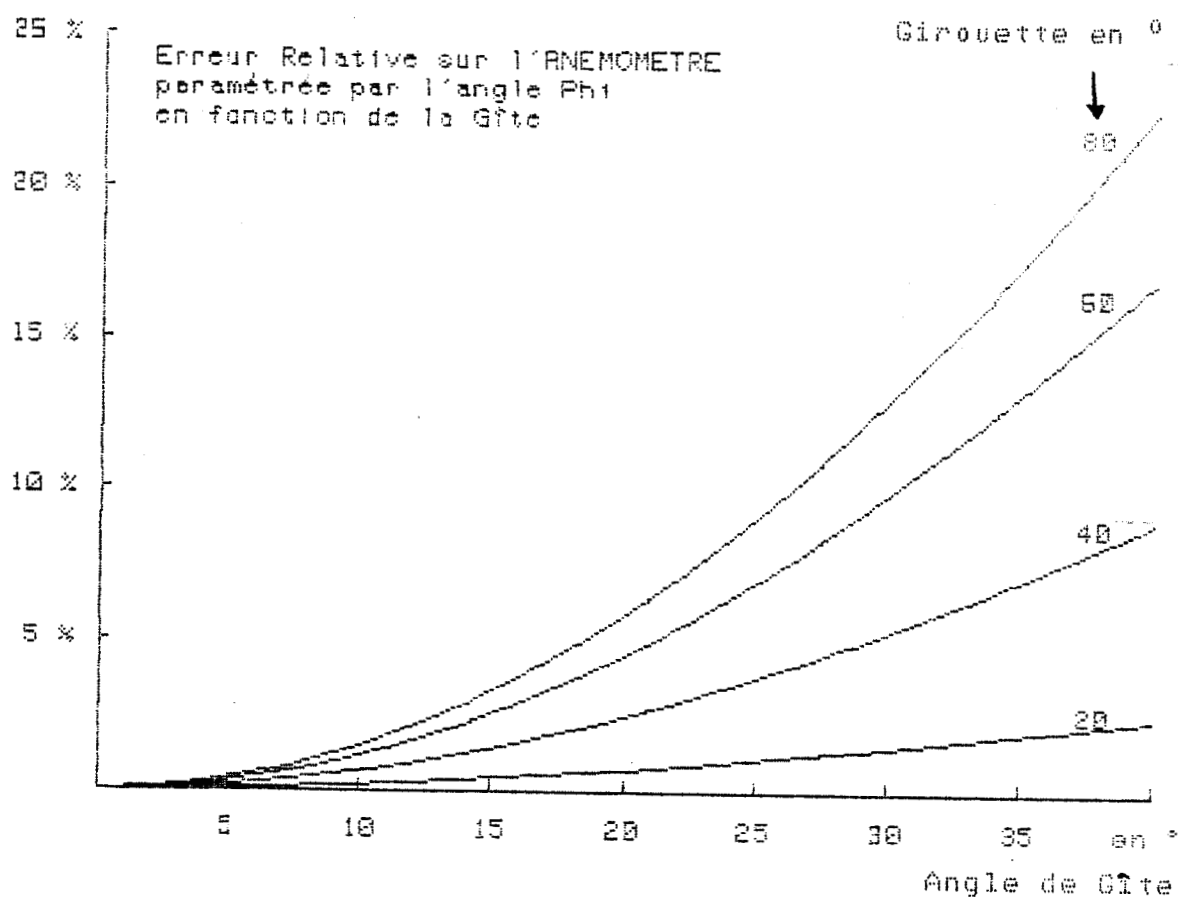
Au delà, on peut essayer d'effectuer une correction, mais c'est délicat, il est plus souhaitable de filtrer les bruits de mesures engendrés par les mouvements de gîte et de tangage de la redette (voir point suivant chapitre I § 4.2.).

### Effet du tangage

Nous avons dans ce cas :  $\theta = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{ax} = \frac{v_{au}}{\cos \theta} \\ v_{ay} = v_{av} \end{cases}$$

L'effet du tangage est donc identique à celui de la gîte; il suffit de prendre le complémentaire de l'angle  $\varphi$  par rapport à  $90^\circ$  (Symétrie du problème par rotation des repères de  $90^\circ$ ).



### 3) Effet des vents inclinés

Les capteurs de vitesse et de direction du vent n'étant pas situés au centre instantané de rotation du bateau, ils mesurent aussi les vents inclinés à l'extrémité du mât par le mouvement du bateau.

Ils sont de la forme:

$$\vec{v}_i = -\lambda \vec{v} - \lambda \vec{r} \quad \text{avec}$$

le déplacement des capteurs au centre instantané de rotation.

Mais ces vents inclinés par les mouvements de la voile sont des phénomènes réels on regard des évolutions du vent: ils proviennent du brisage des masses effectuées dans d'autres masses de fréquence que ces masses elles-mêmes: nous les éliminerons par un filtrage numérique adéquat dont l'étude est reproduite au § suivant. (Chapitre II, § 4.2.)

## II. 4. 2. Tracés de restitution du vent réel, méthodes de filtrage

Nous avons écrit un programme permettant de tracer les enregistrements bruts du vent réel, et, compte tenu des remarques précédentes, nous avons la possibilité d'effectuer deux types de filtrage: par moyenne glissante ou par filtre numérique récurrent.

On se reportera à l'annexe XII, en ce qui concerne l'étude de ce programme.

### 1°) Trace brut

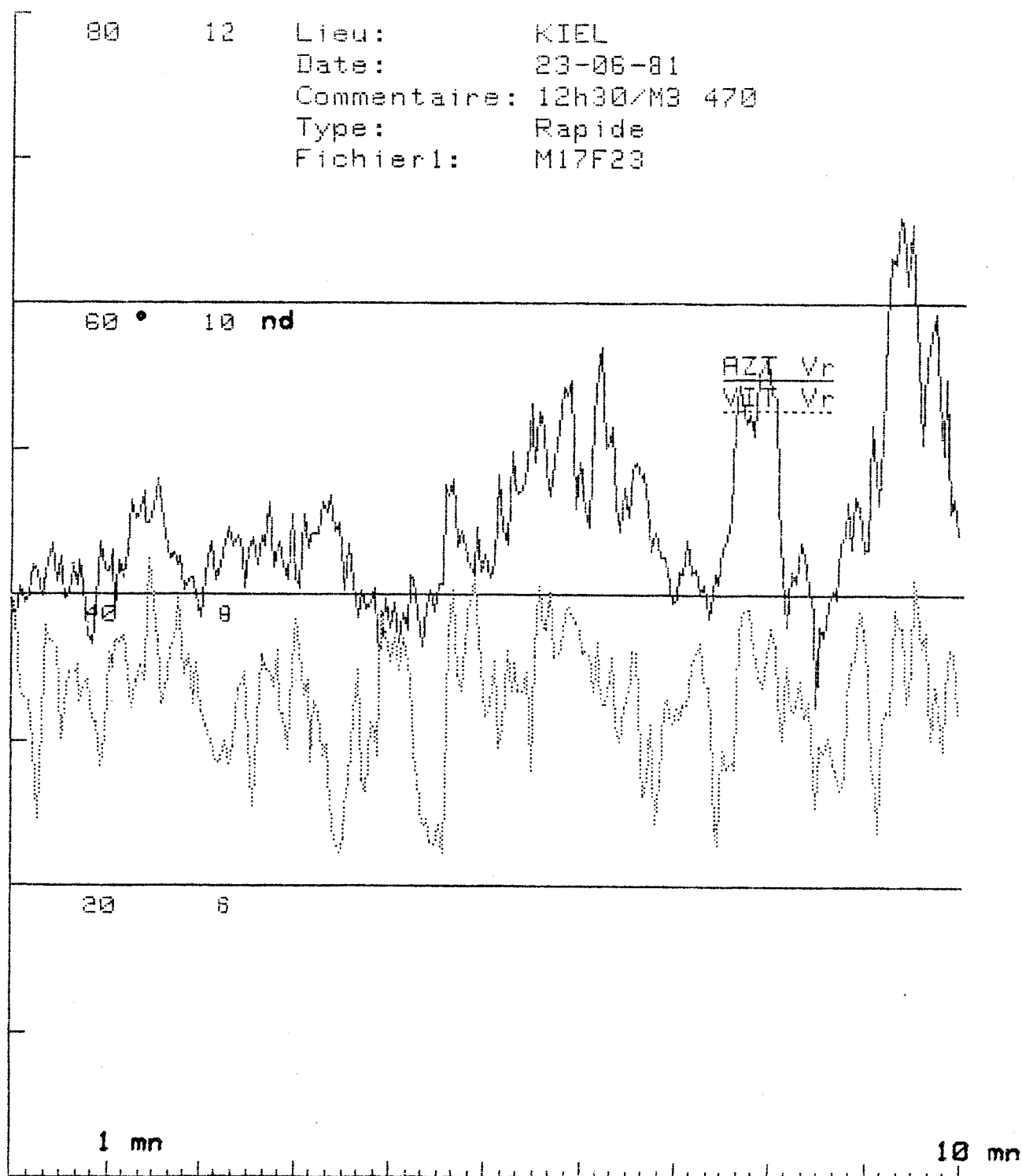
Nous donnons, page suivante, un exemple de trace. On peut voir sur ces courbes l'effet du vent induit et on se rend compte aisément qu'elles sont difficilement exploitables.

### 2°) Filtrage

Pour les deux méthodes de filtrage, afin d'éliminer la discontinuité  $0^\circ - 360^\circ$  de l'azimut du vent réel (problème du Nord), nous avons la possibilité d'effectuer le filtrage en coordonnées cartésiennes (Cosinus et Sinus) pour se produire ensuite en coordonnées polaires le résultat du filtrage.

#### a) Moyenne glissante

Soit une mesure à l'instant  $t_0$ , notée  $M(t_0)$ , soit  $T$  la période d'échantillonnage. Comme nous travaillons en temps différé,



nous connaissons les échantillons passés et futurs par rapport à  $t_0$ .

Nous remplaçons la mesure  $M(t_0)$  par le résultat d'un filtrage de moyenne glissante sur  $N$  échantillons donné par la formule:

$$\text{Moy. glis.}(t_0) = \frac{\sum_{k=-N}^N M(t_0 - kT)}{(2N + 1)}$$

Les coefficients de pondération sont tous égaux à  $\frac{1}{(2N+1)}$  (par définition de la moyenne glissante.)

La fréquence de coupure à 3 dB, en fonction du nombre  $N$  d'échantillons est donnée par le tableau suivant (référence 1)

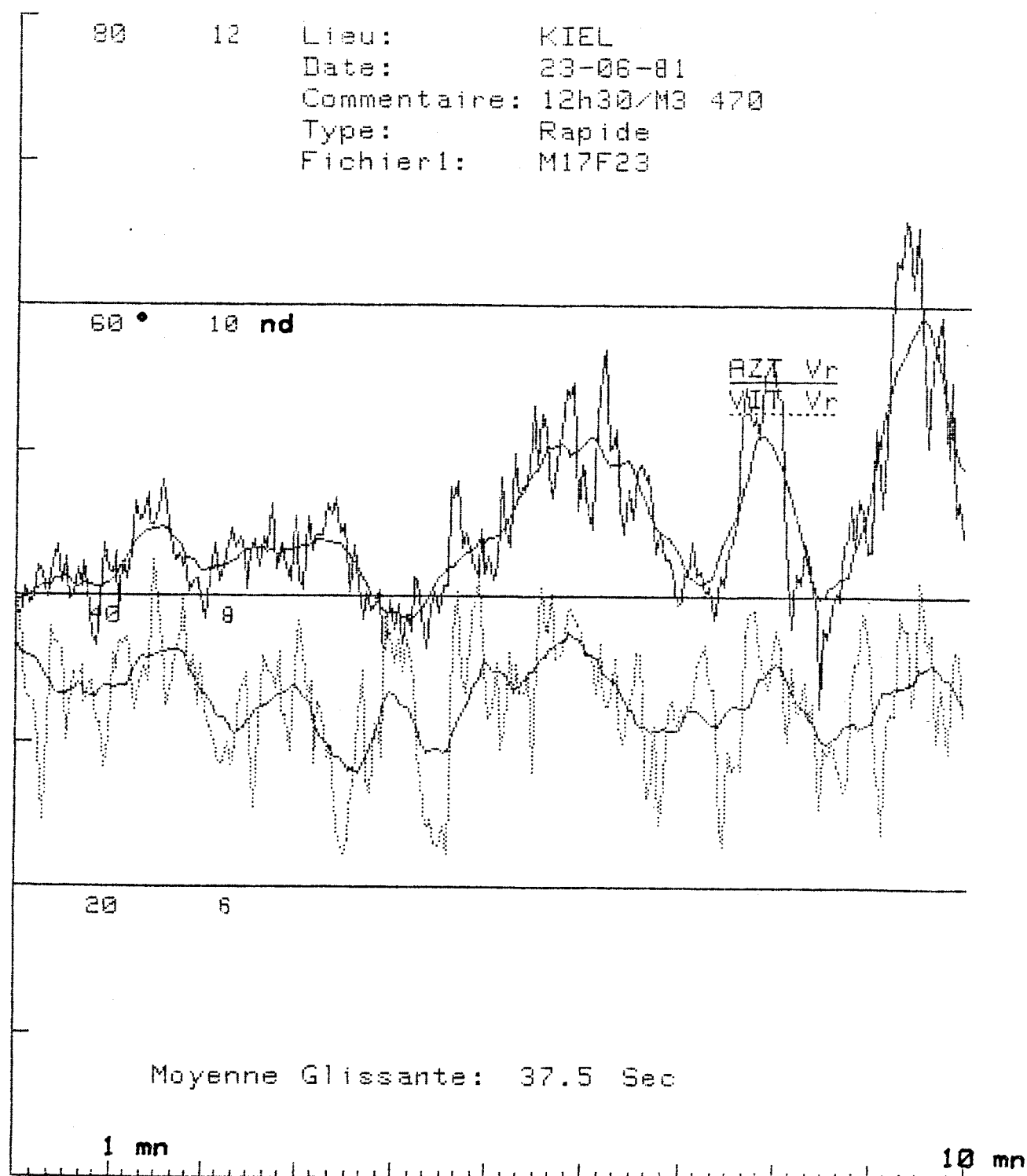
$N$	$f_c$ à 3 dB en Hz
1	0,062
2	0,038
3	0,025
4	0,020
5	0,017

Elle est bien inférieure à la moitié de la fréquence d'échantillonnage (0,4 Hz) et satisfait donc au théorème de Shannon.

Nous choisissons le nombre d'échantillons en fonction de la représentation du vent que nous souhaitons afin d'étudier suivant les cas les périodes plus ou moins rapides de ses variations.

Nous donnons deux exemples, pages suivantes ( $N = 7$  et  $N = 24$  échantillons): les tracés sont superposés à celui des données brutes afin d'effectuer les comparaisons.

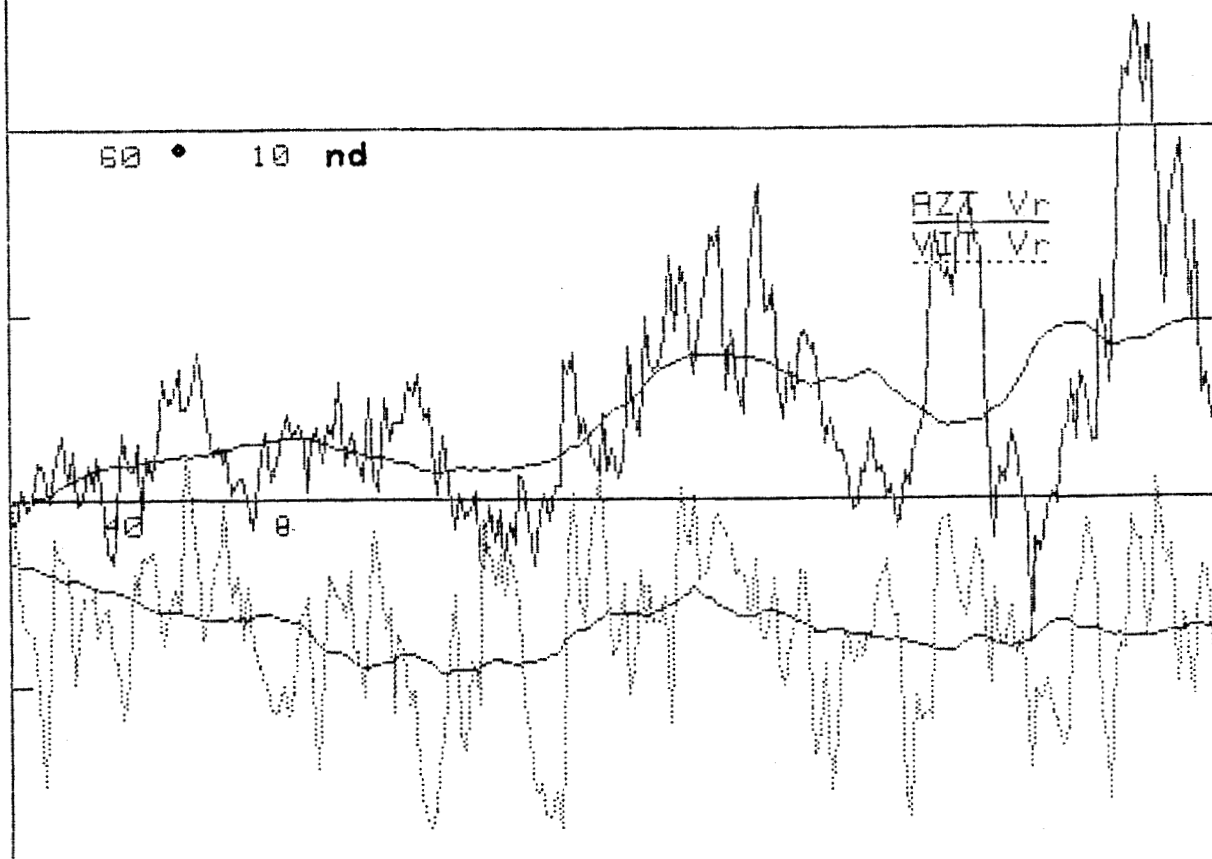




80 12 Lieu: KIEL  
Date: 23-06-81  
Commentaire: 12h30/M3 470  
Type: Rapide  
Fichier1: M17F23

60 • 10 nd

AZI Vr  
VIT Vr



Moyenne Glissante: 122.5 Sec

1 mn

10 mn



Cette méthode est assez satisfaisante et présente l'avantage d'être d'exécution très rapide. Mais le filtre obtenu s'écarte d'assez loin du filtre idéal coupant brutalement à une fréquence déterminée.

Cela nous a amené à mettre en œuvre un autre procédé de filtrage, que nous étudions au paragraphe suivant b).

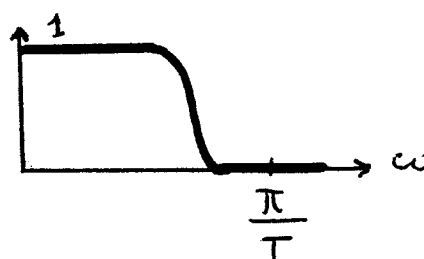
## b) Filtrage numérique récursif

Nous souhaitons réaliser un filtrage de nos prises de mesures. On se reportera aux références 9, 14 et 15.

### • Représentation du filtre modèle:

Soit  $T$  la période d'échantillonnage ( $T = 2,5$  pour les mesures effectuées).

D'après le théorème de Shannon, si  $F(\omega)$  est la forme analytique de la fonction de transfert de ce modèle, un intervalle  $[0, \frac{\pi}{T}]$  suffit à sa détermination.



• Nous réalisons un filtrage sur les  $N'$  points précédents notre mesure échantillonnée  $M(t)$ , sur le point  $M(t)$  et sur les  $N$  points postérieurs.

Nous remplaçons donc la mesure  $M(t)$  par:

$$\overline{M(t)} = A_{-N'} M(t - N'T) + A_{-N'+1} M(t - (N'-1)T) + \dots + A_0 M(t) + A_1 M(t+T) + \dots + A_N M(t+NT)$$

En considérant une entrée harmonique  $M(t) = e^{-j\omega t}$ , nous déduisons la fonction de transfert du filtre ainsi défini:

$$F_{N'/N}(\omega) = \sum_{k=-N'}^N A_k z^k = \sum_{k=-N'}^N A_k e^{-j k \omega T}$$

(transformée en  $z$ :  $z = e^{-T\omega}$ )

Les  $A_k$  sont les coefficients de pondération du filtrage.

Les coefficients  $A_l$  sont déterminés de façon à minimiser l'écart quadratique  $\mathcal{E}$  par rapport au modèle:

$$\mathcal{E} = \int_{-\frac{\pi}{T}}^{\frac{\pi}{T}} [F(\omega) - F_{N,N}(\omega)]^2 d\omega$$

Soit :

$$\mathcal{E} = \frac{1}{T} \int_{-\pi}^{\pi} (F(x) - F_{N,N}(x)) (\overline{F(x)} - \overline{F_{N,N}(x)}) dx$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{1}{T} \int_{-\pi}^{\pi} \left( F(x) - \sum_{l=-N'}^N A_l e^{-jlx} \right) \left( \overline{F(x)} - \sum_{l=-N'}^N A_l e^{jlx} \right) dx$$

La stationnarité de  $\mathcal{E}$  nous impose :

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial A_l} = 0$$

soit :

$$\frac{1}{T} \int_{-\pi}^{\pi} e^{-jlx} \left[ \overline{F(x)} - \sum_{l=-N'}^N A_l e^{jlx} \right] dx + \frac{1}{T} \int_{-\pi}^{\pi} \left( F(x) - \sum_{l=-N'}^N A_l e^{-jlx} \right) e^{jlx} dx = 0$$

$$\Rightarrow \int_{-\pi}^{\pi} (\overline{F(x)} e^{-jlx} + F(x) e^{jlx}) dx = \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{l=-N'}^N A_l e^{j(l-l)x} dx + \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{l=-N'}^N A_l e^{j(l-l)x} dx$$

les coefficients  $A_l$  sont constants, car nous limitons la méthode au filtrage linéaire.

soit :

$$J_{a,b} = \int_{-\pi}^{\pi} e^{j(b-a)x} dx = \begin{cases} a=b : J_{a,a} = 2\pi \\ a \neq b : J_{a,b} = 0 \end{cases}$$

par suite :

$$A_l = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} (\overline{F(x)} e^{-jlx} + F(x) e^{jlx}) dx$$

en introduisant la symétrie du spectre du modèle ( $\overline{F(\omega)} = F(-\omega)$ ), il vient:

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} \overline{F(x)} e^{-j k x} dx &= \int_{\pi}^{-\pi} F(x) e^{-j k x} d(-x) \\ &= \int_{-\pi}^{\pi} F(x) e^{j k x} dx \end{aligned}$$

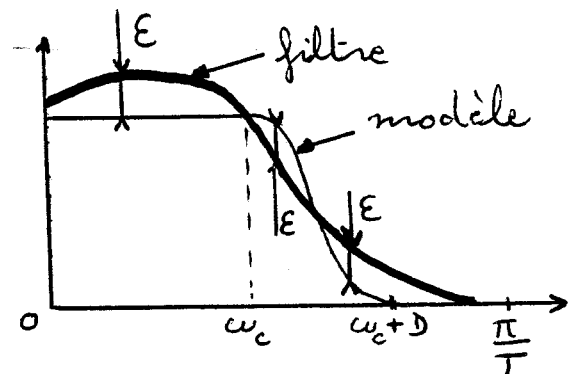
d'où:  $A_k = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(x) e^{j k x} dx$  avec  $x = \omega T$

une solution est donc d'avoir les coefficients  $A_k$  égaux à:

$$A_k = \frac{T}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{T}}^{\frac{\pi}{T}} F(\omega) e^{j k \omega T} d\omega$$

Mais, comme le montre la figure ci-contre, les contraintes sur  $\epsilon$  sont en général insuffisantes et en particulier:

$F(0) \neq F_{N'N}(0)$ ,  
ce qui est gênant pour un filtre passe-bas.



Nous sommes alors amenés à introduire des contraintes supplémentaires, soit:

$$(F(\omega) = F_{N'N}(\omega))_{(\omega=0)}$$

$$\text{or } F_{N'N}(0) = \sum_{k=-N'}^N A_k$$

Le problème est alors de minimiser l'écart quadratique  $\varepsilon'$  en  $A_k$  et  $d$ :

$$\varepsilon' = \int_{-\frac{\pi}{T}}^{\frac{\pi}{T}} [F(\omega) - F_{N'N}(\omega)]^2 d\omega + d \underbrace{(F_{N'N}(\omega) - 1)}$$

pour  $\omega = 0$  :  $\sum_{k=-N'}^N A_k$

Dans la minimisation par rapport à  $A_k$ , nous avons un terme supplémentaire :

$$\left( d + \frac{4\pi}{T} e^{-j k \omega T} \right)_{\omega=0} \text{ soit } \frac{d + 4\pi}{T}$$

Les nouveaux coefficients sont donc :

$$A_k = A'_k - d \frac{4\pi}{T}$$

avec  $A'_k$  anciens coefficients

D'autre part, en minimisant  $\varepsilon'$  par rapport à  $d$ , il vient :

$$\sum_{k=-N'}^N A_k = 1 \quad (\omega = 0)$$

$$\Rightarrow 1 = \sum_{k=-N'}^N A'_k - (N + N' + 1) d \frac{4\pi}{T}$$

$$\Rightarrow d = \frac{1 - \sum_{k=-N'}^N A'_k}{N + N' + 1} \times \frac{T}{4\pi}$$

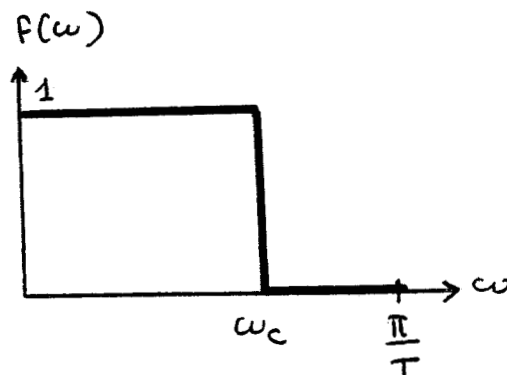
Soit en définitive:

$$A_k = A'_k - \frac{1 - \sum_{l=-N'}^N A'_l}{N+N'+1}$$

avec  $A'_k = \frac{T}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{T}}^{\frac{\pi}{T}} F(\omega) e^{-j k \omega T} d\omega$

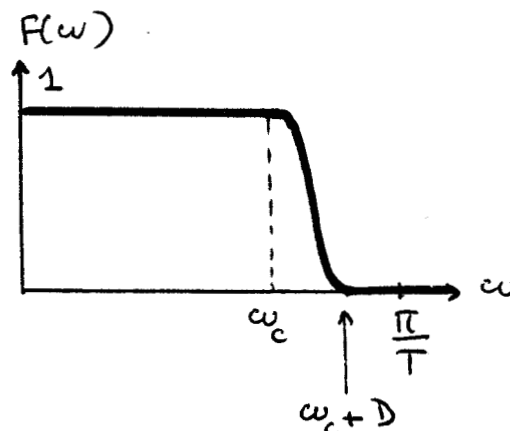
• Nous souhaitons maintenant réaliser un filtre passe-bas de bande  $[0, \omega_c]$  afin d'éliminer les variations rapides du rent.

Le modèle théorique idéal est représenté ci-contre. Mais il n'existe pas de fonction analytique continue représentant un tel modèle.



Nous utilisons alors une approximation à racc-cord cosinusoidal (étant donné l'analogie des formules donnant les coefficients  $A'_k$  avec les transformées de Fourier) dont la représentation est la suivante:

$$\begin{cases} F(\omega) = 1 & \text{si } \omega \in [0, \omega_c] \\ F(\omega) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\pi \frac{\omega - \omega_c}{D}\right) & \text{si } \omega \in [\omega_c, \omega_c + D] \\ F(\omega) = 0 & \text{si } \omega \in [\omega_c + D, +\infty[ \end{cases}$$



$\omega_c$ : pulsation de coupure  
 $D$ : largeur de coupure



Nous avons obtenu:

$$A'_l = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(x) e^{jlx} dx$$

compte tenu de la symétrie :  $A'_l = A'_{-l}$   
(et  $\omega' = \omega$ )

$$A'_l = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^0 F(x) e^{jlx} dx + \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} F(x) e^{jlx} dx$$

$$\sim F(x) = F(-x)$$

$$\Rightarrow A'_l = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} F(x) (e^{jlx} + e^{-jlx}) dx$$

$$\Rightarrow A'_l = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} F(x) \cos lx dx$$

$$\Rightarrow A'_l = \frac{T}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{T}} F(\omega) \cos(l\omega T) d\omega$$

$$\Rightarrow A'_l = \frac{T}{\pi} \left[ \underbrace{\int_0^{\omega_c} \cos(l\omega T) d\omega}_{S_{1l}} + \frac{1}{2} \underbrace{\int_{\omega_c}^{\omega_c+D} \left[ 1 + \cos\left(\pi \frac{\omega - \omega_c}{D}\right) \right] \cos(l\omega T) d\omega}_{S_{2l}} \right]$$

$\underbrace{\hspace{15em}}_{S_{3l}}$

$$* \quad S_{1l} = \frac{T}{\pi} \int_0^{\omega_c} \cos(l\omega T) d\omega$$

cas particulier :  $l=0$  :  $S_{10} = \frac{T}{\pi} \omega_c$

pour  $h \neq 0$  : 
$$S_{1h} = \frac{T}{\pi} \frac{\sin(hT\omega_c)}{hT}$$

\* 
$$S_{2h} = \frac{1}{2} \frac{T}{\pi} \int_{\omega_c}^{\omega_c+D} \cos(h\omega T) d\omega$$

cas particulier:  $h=0$  : 
$$S_{20} = \frac{T}{2\pi} \cdot D$$

pour  $h \neq 0$  : 
$$S_{2h} = \frac{T}{2\pi} \left[ \frac{\sin(hT(\omega_c+D)) - \sin(hT\omega_c)}{hT} \right]$$

\* 
$$S_{3h} = \frac{1}{2} \frac{T}{\pi} \int_{\omega_c}^{\omega_c+D} \cos\left(\pi \frac{\omega - \omega_c}{D}\right) \cos(hT\omega) d\omega$$

cas particulier:  $h=0$  : 
$$S_{30} = 0$$

pour  $h \neq 0$  :

$$S_{3h} = \frac{T}{4\pi} \left[ \int_{\omega_c}^{\omega_c+D} \cos\left(\omega\left(hT + \frac{\pi}{D}\right) + \frac{\pi\omega_c}{D}\right) d\omega + \int_{\omega_c}^{\omega_c+D} \cos\left(\omega\left(\frac{\pi}{D} - hT\right) + \frac{\pi\omega_c}{D}\right) d\omega \right]$$

d'où le nouveau cas particulier:

$hTD = \pi$  :

$$S_{3h} = \frac{\cos(hT\omega_c)}{4h}$$

$hTD \neq \pi$  :

$$S_{3h} = \frac{hT^2}{2\pi} \times \frac{1}{\left(\frac{\pi^2}{D^2} - h^2T^2\right)} \left[ \sin(hT\omega_c) + \sin(hT(\omega_c+D)) \right]$$

nous avons :  $A'_k = S_{1k} + S_{2k} + S_{3k}$

soit, en effectuant cette somme :

$$k=0 : A'_0 = \left( \omega_c + \frac{D}{2} \right) \frac{T}{\pi}$$

$$kTD = \pi : A'_k = \frac{\cos(kT\omega_c)}{4k}$$

$$kTD \neq \pi : A'_k = \frac{\pi}{k(\pi^2 - k^2 T^2 D^2)} \sin\left(kT\left(\omega_c + \frac{D}{2}\right)\right) \cos\left(\frac{kTD}{2}\right)$$

et :

$$A_k = A'_k - \frac{1 - \sum_{l=-N}^N A'_l}{2N+1} \quad (N=N')$$

et nous avons :  $(A_k = A_{-k})$

$$\overline{m(t)} = A_0 M(t) + \sum_{k=1}^N A_k [M(t - kT) + M(t + kT)]$$

la fonction de transfert étant :

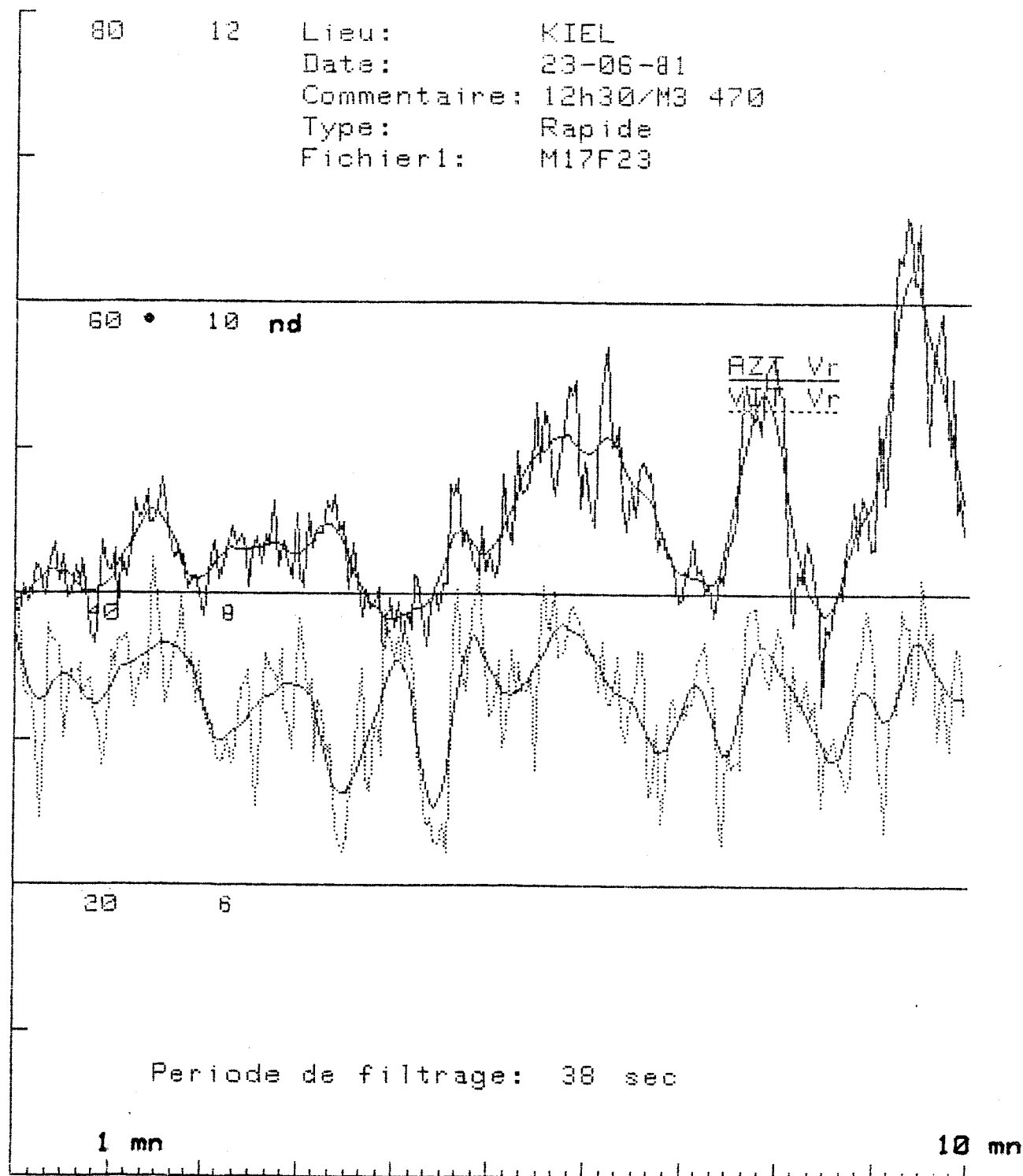
$$F_{N'N}(\omega) = F_{NN}(\omega) = A_0 + 2 \sum_{k=1}^N A_k \cos(k\omega T)$$

(et prend ses valeurs dans  $\mathbb{R}$ ).

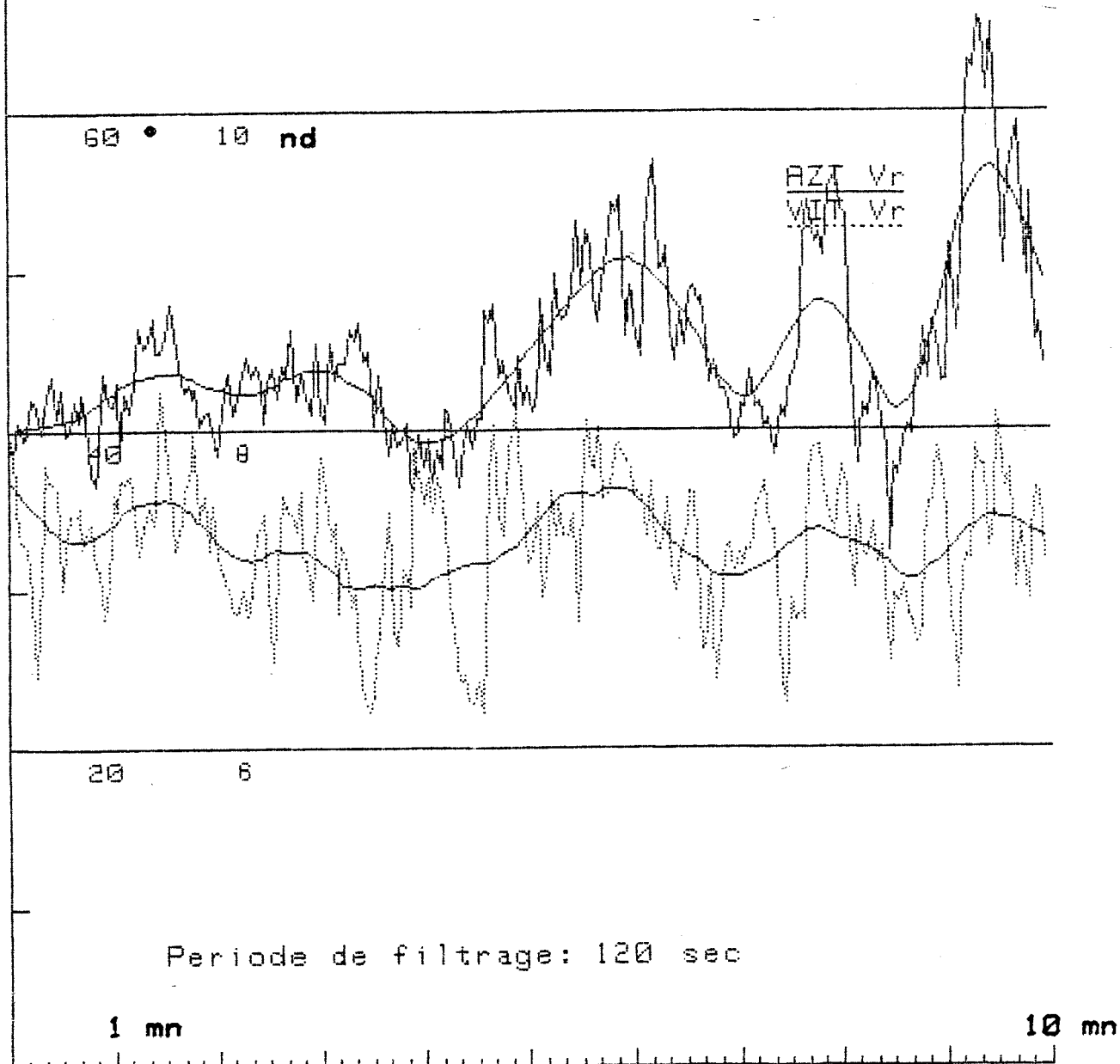
Le lecteur se reportera à l'annexe VIII en ce qui concerne la mise en œuvre informatique de ce filtre numérique.

Nous donnons, pages suivantes, deux exemples d'exécution du programme avec des périodes de filtrage  $T_c$  égales à 38 secondes et 120 secondes (c'est à dire que le filtrage s'effectue respectivement sur 7 et 24 échantillons de part et d'autre du point considéré : Nombre d'échantillons = (fréquence d'échantillonnage) divisée par 2 fois la (fréquence de coupure) ).

Nous avons également superposé ces courbes filtrées (en traits pleins) au tracé des données brutes.



80 12 Lieu: KIEL  
Date: 23-06-81  
Commentaire: 12h30/M3 470  
Type: Rapide  
Fichier1: M17F23

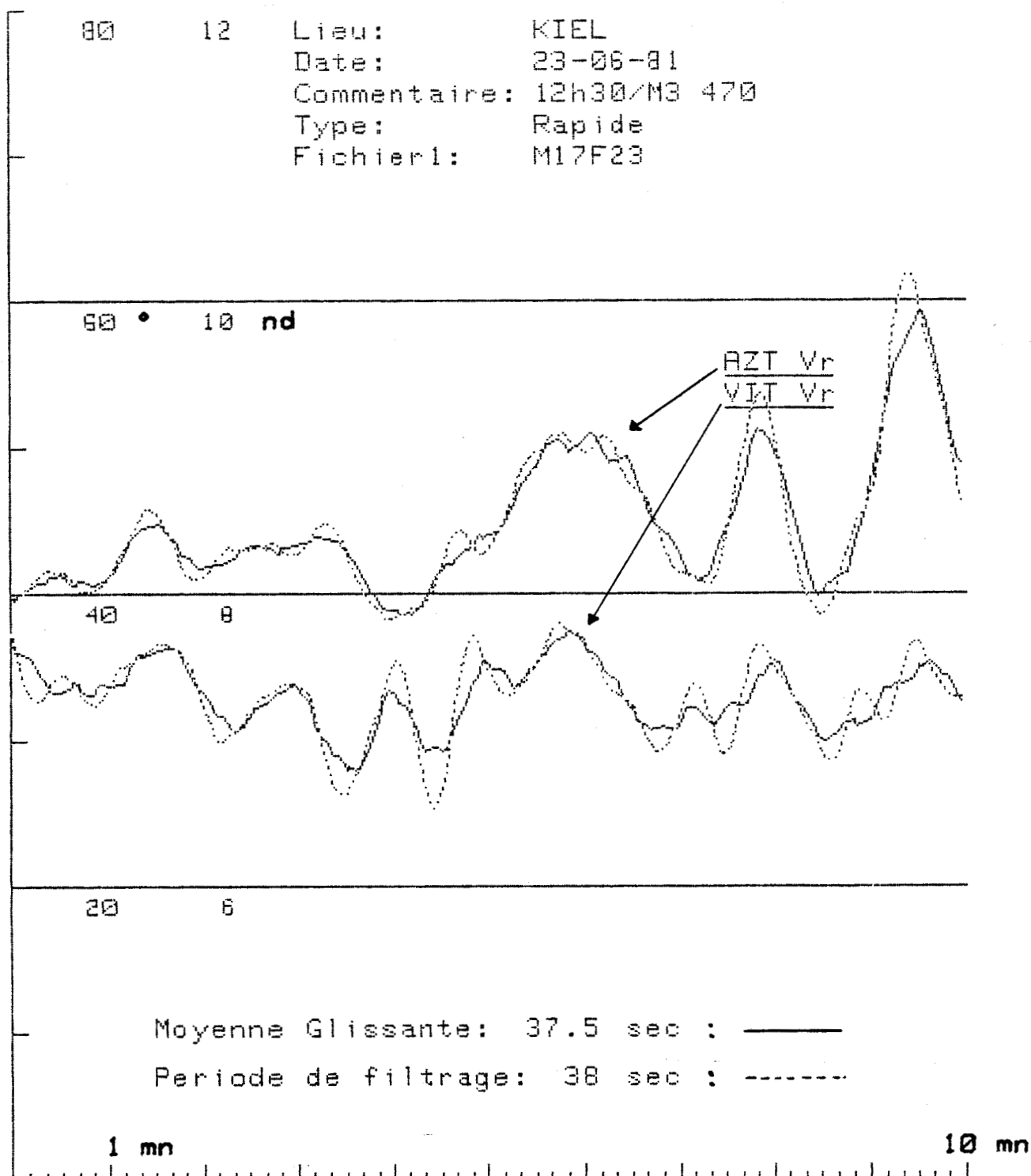


Afin d'effectuer la comparaison des deux méthodes, nous avons superposé les courbes obtenues par une moyenne glissante (en traits pleins) et celles obtenues par un filtrage numérique récurrent (en traits pointillés) pour un même nombre d'échantillons de filtrage: (cf pages suivantes).

— Le lissage obtenu avec le filtre numérique récurrent est plus rigoureux, d'autant que la méthode de moyennage glissant introduit des pseudopériodes qui peuvent fausser l'interprétation.

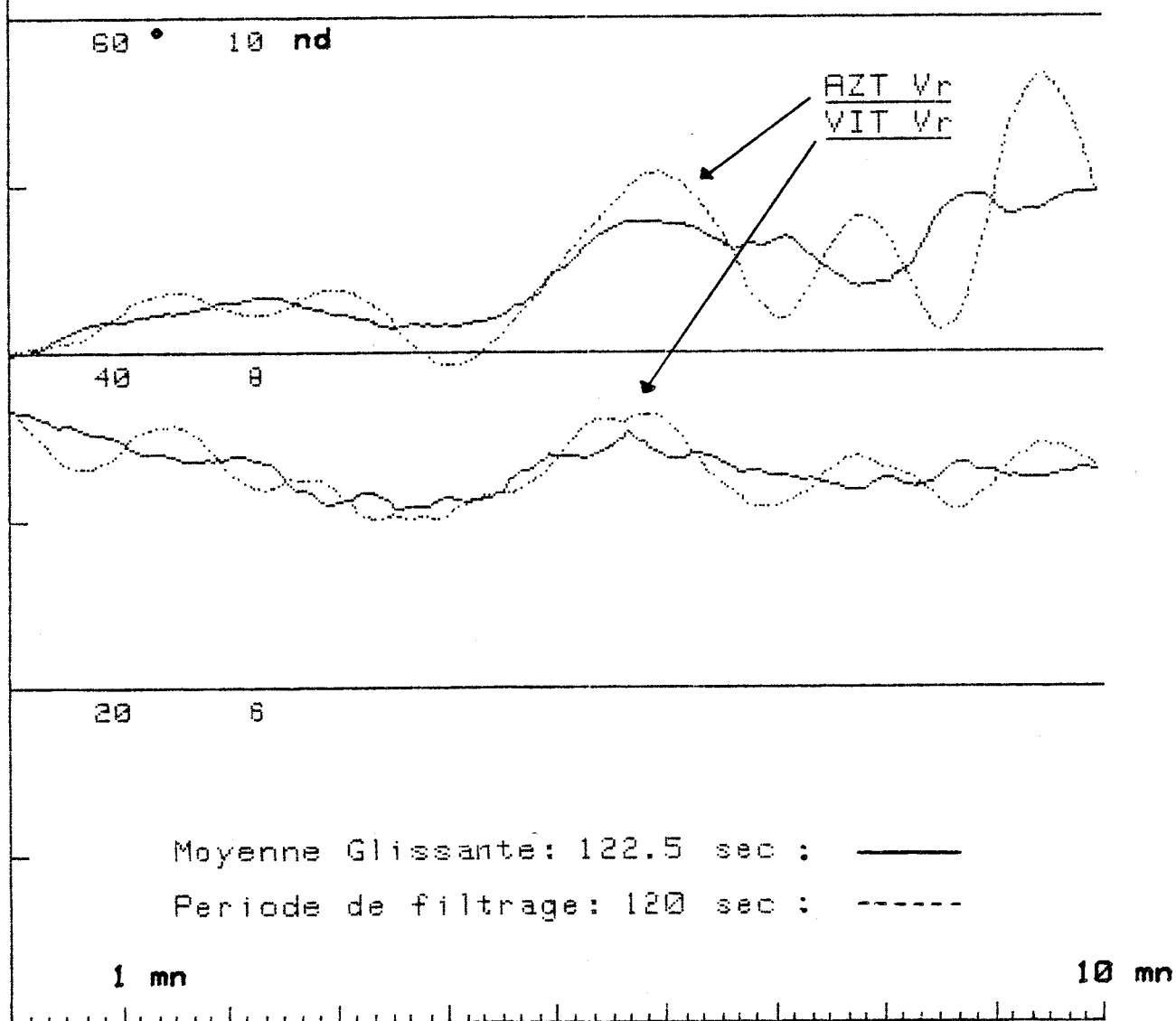
— Mais il faut également envisager les conditions d'exploitation de ces mesures: la première méthode est très rapide puisque hormis pour le premier point du filtrage, pour passer d'un point à un autre il suffit d'une addition, d'une soustraction et d'une division (voir programme). Et lors de nos campagnes de mesures, les conducteurs attendent impatiemment les résultats.

Il faut donc bien distinguer nos conditions de travail: "sur le terrain", la première méthode (moyenne glissante) réalise le meilleur compromis temps de travail / résultats et dans le cadre de nos recherches en laboratoire, la deuxième méthode (filtre numérique récurrent) apporte toute la rigueur souhaitée.





80 12 Lieu: KIEL  
 Date: 23-06-81  
 Commentaire: 12h30/M3 470  
 Type: Rapide  
 Fichier1: M17F23



## II. 5. Restitution de la trajectoire, courants

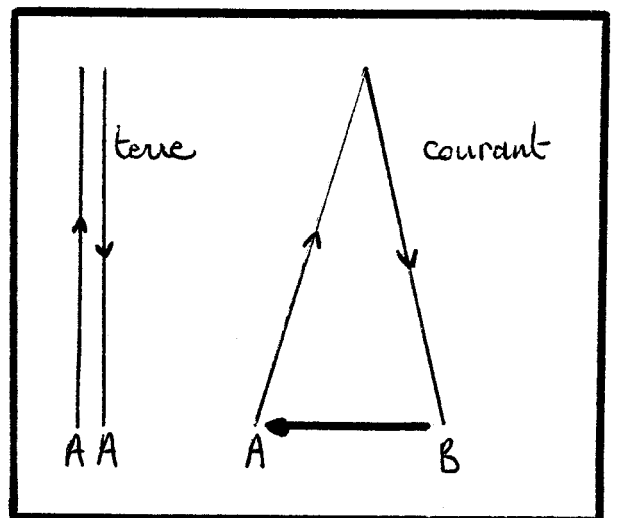
### Difficultés rencontrées :

Comme nous l'avons déjà expliqué lors du calcul du vent réel, la difficulté essentielle est l'effet du courant, puisque nous ne pouvons mesurer avec le speedomètre que la vitesse de déplacement de la redette par rapport à l'eau, qui englobe ledit courant.

Nous avons alors utilisé la technique suivante d'évaluation de ce courant :

La redette part d'un point fixe (bouée ou autre) noté A. Simultanément, nous enregistrons un top sur la bande à l'aide du marqueur d'événement, puis elle effectue un petit parcours et revient au point de départ noté B que nous situons également dans le temps par un nouveau top.

Par rapport à la terre, la redette revient au point de départ, mais par rapport à l'eau, ce n'est pas le cas et le vecteur  $\overrightarrow{BA}$  représente le déplacement du repère "eau" par rapport au repère "terre" et par suite :



si  $\vec{V}_c$  est la vitesse du courant

si T est le temps entre les deux tops enregistrés,

nous avons : 
$$\vec{V}_c = \frac{\overrightarrow{BA}}{T}$$

$\vec{V}_c$  est la vitesse moyenne du courant pendant la durée  $T$ .

Le lecteur se reportera à l'annexe IX en ce qui concerne la réalisation du programme informatique correspondant.

Nous avons ainsi procédé à de nombreuses mesures de courant, lors de nos diverses campagnes de mesures, comme par exemple, durant la se-maine internationale de Ski-Yachting en février 1981 à Cannes. (résultat ci-contre)

```
*****
Fichier : M0F4
Date : 30-01-81
Lieu : Cannes
Commentaire : courant
-----
Top1 : 27
Top2 : 92

Azimuth courant : 264 degrés
Vitesse courant : .18 noeuds
*****
```

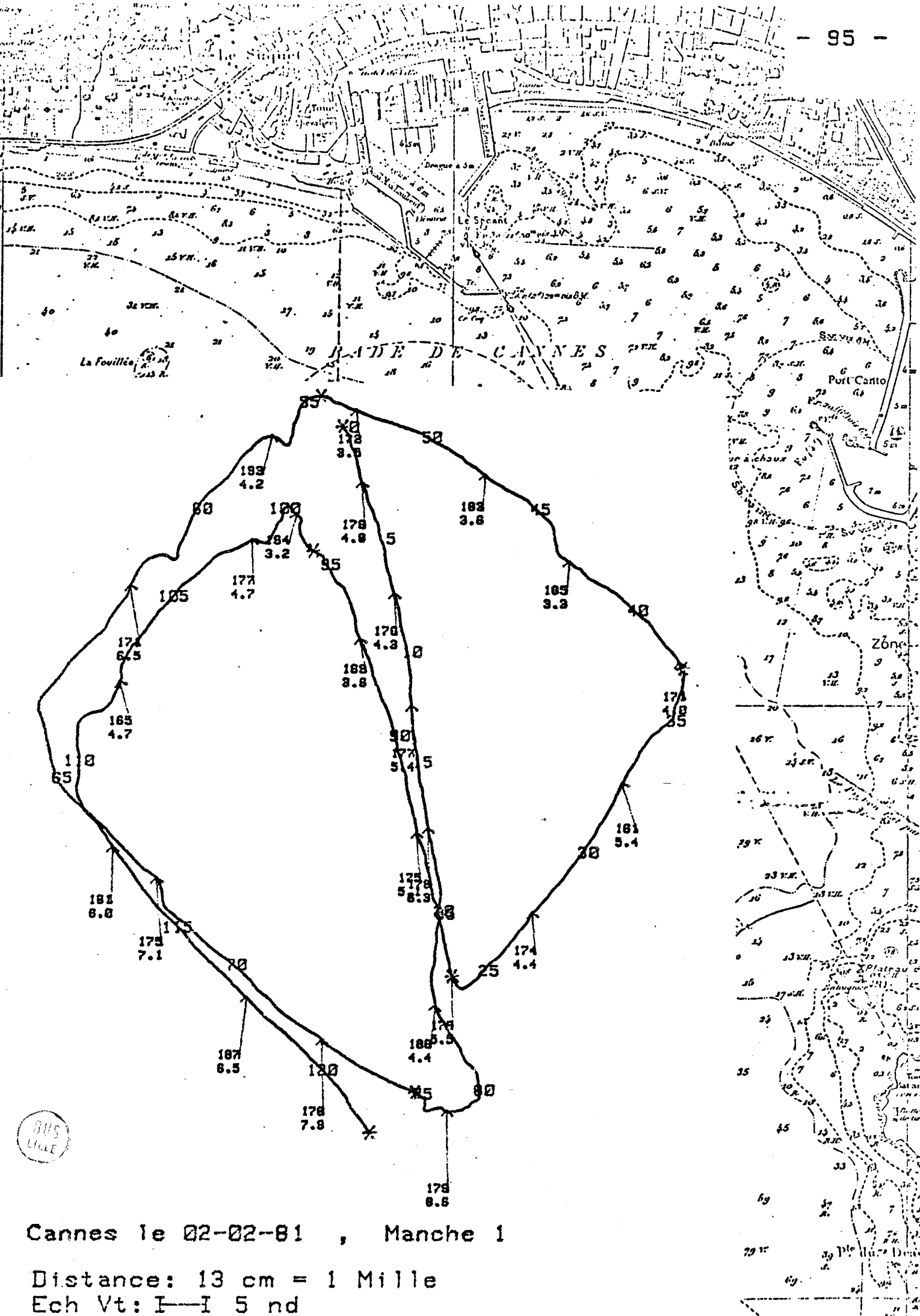
La difficulté de la méthode est que nous ne mesurons que des valeurs moyennes de courant durant une certaine période et à un instant déterminé d'un enregistrement. Il est assez difficile, de corriger par la suite la trajectoire instantanée de la redette; mais il est parfois intéressant de réaliser des séries de mesures du courant afin, par exemple, d'observer le renversement de celui-ci lors des inversions de marées.

### Trajectoire

Nous avons conçu un programme informatique (cf annexe X), qui restitue la trajectoire de la redette sur une durée au plus égale au contenu d'une cassette MFE (soit 3 heures en enregistrement rapide et 12 heures en lent).

Nous indiquons sur la trajectoire, à intervalles de temps réguliers le vent rencontré (en azimuth et vitesse).

Nous donnons page suivante un exemple de tracé provenant des enregistrements de la semaine internationale de Ski-Yachting à Cannes en février 81.



Cannes le 02-02-81 , Manche 1

Distance: 13 cm = 1 Mille

Ech Vt: I—I 5 nd

## II. 6. Autre application : Suivi de planches à voile

Nous avons effectué ce travail en collaboration avec les entraîneurs nationaux de la Fédération Française de Voile.

Cette possibilité de la "redette météo" est quelque peu inattendue, mais il faut bien se rendre compte que l'analyse des performances des planches à voile que nous effectuons grâce aux capteurs situés sur la redette n'est valide qu'en valeurs moyennes car nous pouvons considérer que les écarts de route entre la redette et la planche ne sont éliminés qu'en moyenne.

Le protocole de mesures est le suivant :

La redette se positionne dans l'axe de la planche à voile. Simultanément nous enregistrons un top sur la bande. La fin du suivi est notée par un autre top.

Nous restituons ensuite sur visuel graphique ou table traçante (on se reportera au programme informatique correspondant, annexe XI) la trajectoire de la planche à voile et ses performances prises à intervalles de temps réguliers (30 secondes ou 1 minute suivant la taille du tracé) et moyennées sur 5 échantillons (soit 12,5 secondes) afin d'éliminer les points aberrants.

Ces performances sont les suivantes :

- Angle de remontée : c'est l'angle que fait la planche avec la direction du vent réel.
- Vitesse de remontée au vent : c'est la vitesse de la planche projetée sur l'axe du vent, elle représente donc directement le gain au vent, ce qui importe lors du déroulement des régates dans les bords de près.

- Vitesse de la planche.

Ces indications permettent d'étudier le compromis corp-vitesse réalisé par les différents véliplanchistes.

A titre de référence, nous donnons aussi le vent réel afin de connaître les conditions dans lesquelles les essais se sont déroulés.

Nous donnons, pages suivantes, deux exemples de suivi de planches à voile :

- le premier représente une navigation au près pendant un temps assez court (3 min), afin que la concentration du véliplanchiste ne se dégrade pas. Aucune contrainte de parcours n'était imposée au "candidat" : celui-ci devait essayer de rechercher le meilleur compromis corp-vitesse.

- le second représente un bœuf complet de près que le véliplanchiste devait effectuer entre deux points (bouées) bien déterminés. Ce type d'essai concerne la recherche d'une stratégie de course : on constatera d'ailleurs que le véliplanchiste, a mal situé la bouée au vent et a dû s'éloigner du vent pour abattre sur celle-ci à la fin de son bœuf de près, ce qui a engendré une perte de précieuses secondes.

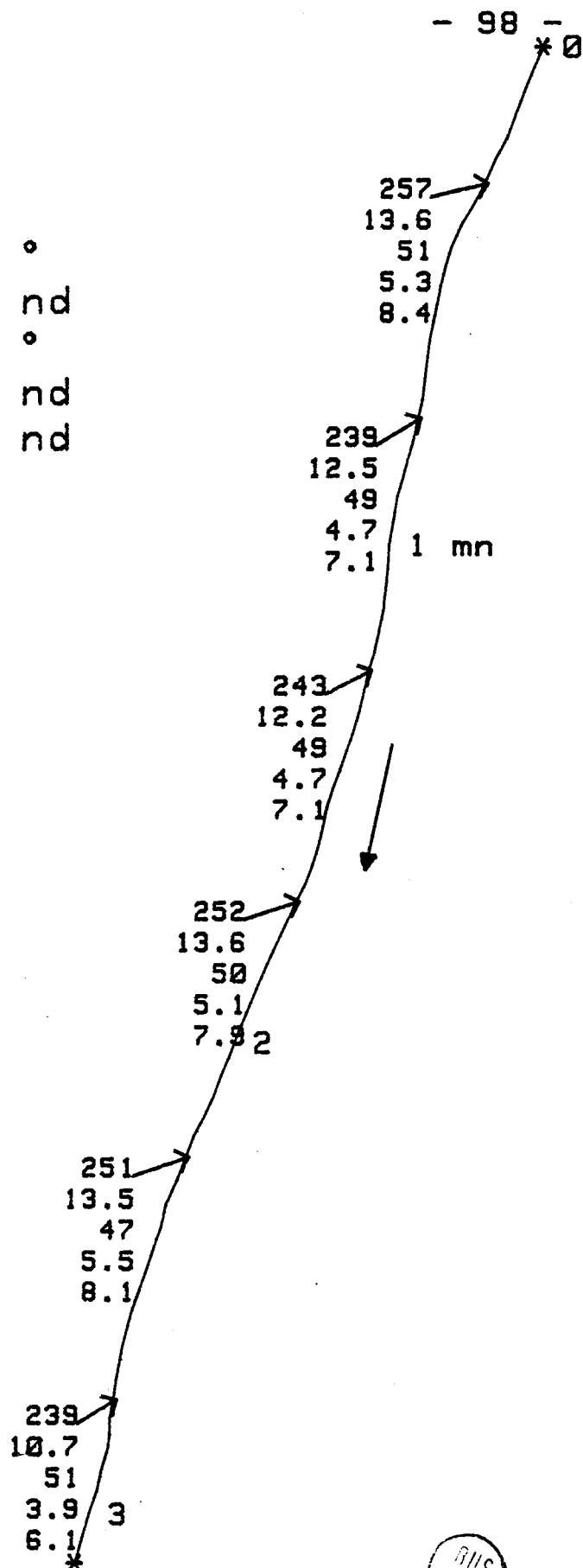
# Bernard PICHERY

## MOYENNES:

Azimut du vent: 249 °  
Vitesse du vent: 12.9 nd  
Angle de remontée: 50 °  
Vmg au vent: 4.9 nd  
Vitesse: 7.5 nd

Bord de Près

E.N.V. le 14-03-81



Distance: I—I 2.5/100 Mille

Ech Vt: I—I 10 nd

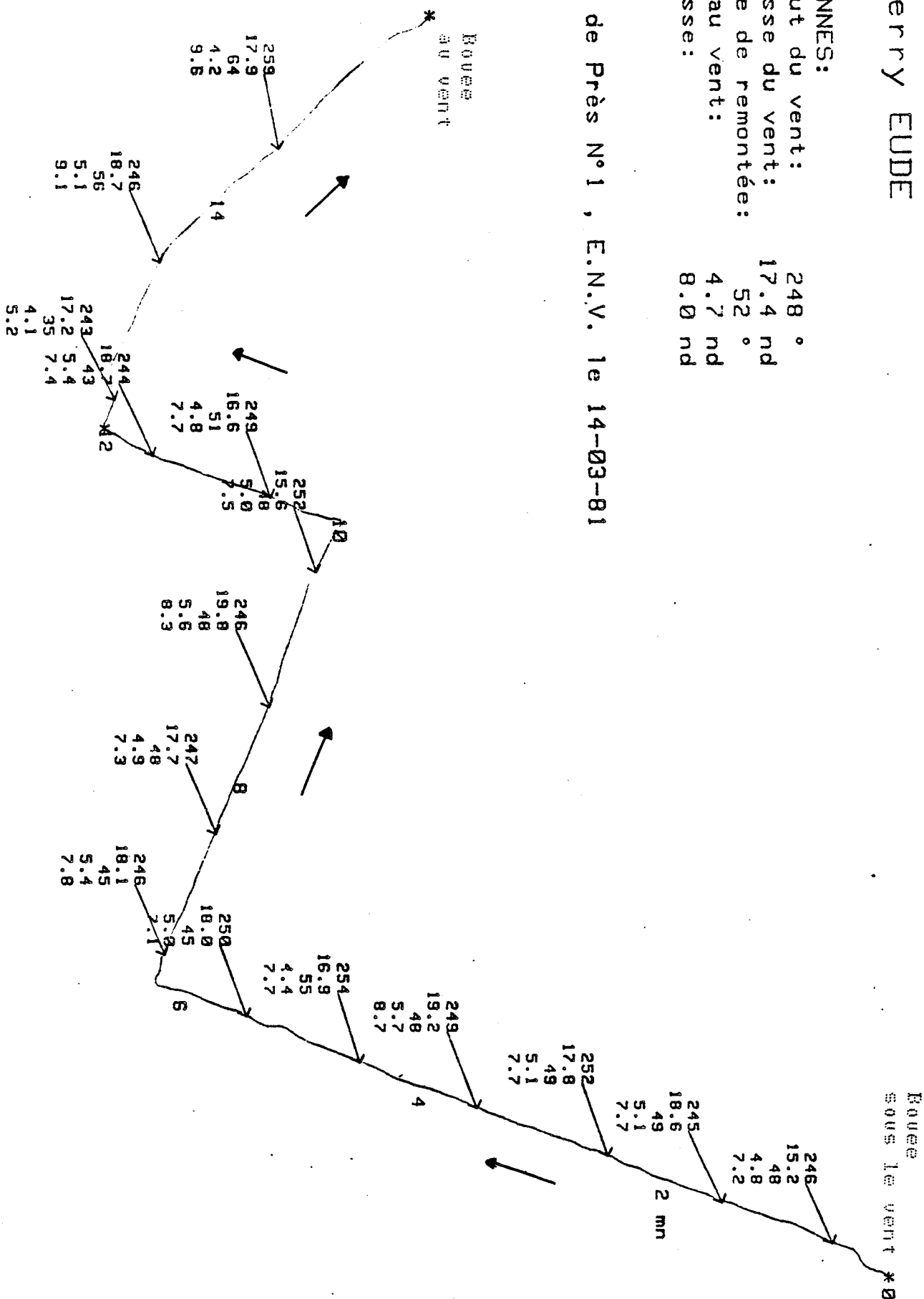


# Thierry EUDE

## MOYENNES:

Azimet du vent: 248 °  
 Vitesse du vent: 17.4 nd  
 Angle de remontée: 52 °  
 Vmg au vent: 4.7 nd  
 Vitesse: 8.0 nd

Bord de Prés N°1 , E.N.V. le 14-03-81



Distance: I—I 1/10 Mille

Ech Vt: I—I 10 nd

## Chapitre III

BANC DE MESURE DU COUPLE DE RAPPEL



### III. Banc de mesure du couple de rappel

Des études ont été précédemment effectuées pour l'équipe du professeur GABILLARD (on se reportera à la référence 1 de Christian DEVAUX).

Il était intéressant de connaître le couple de rappel exercé par un équipage et ce dans les deux buts suivants :

- \* évaluer l'efficacité des équipages et déterminer les positions et les équipements donnant le meilleur rapport efficacité / fatigue.

- \* déterminer la valeur maximale du couple de rappel qui donne la limite de la surpuissance, c'est à dire la vitesse du vent à partir de laquelle, l'équipage ne peut plus régler l'angle d'incidence du vent sur les voiles de façon optimale: le couple de rappel ne suffit plus à contrebalancer le couple de charivement; pour diminuer ce dernier, l'équipage doit "choquer" les voiles. Par suite il a été obtenu les abaques de ce couple de rappel (constant à partir de la surpuissance) en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le début de ces abaques a, lui, été obtenu par la connaissance de la polaire des voiles du 470 (Mémoire de PELLOT et ROBINET, référence 16). Connaissant ainsi le couple de rappel, la polaire des voiles et de plus la courbe de traînée du 470 en fonction de sa vitesse (rapport de Alain CLAVEL, référence 17), un modèle de prévision de comportement optimal du 470 a été réalisé (compromis Cap - Vitesse):

Nous avons par la suite effectué des comparaisons non plus d'un équipage à un autre équipage évoluant sur le "470 Labo" (ce qui n'était qu'imparfaitement objectif, les conditions d'essai n'étant jamais identiques), mais d'un équipage par rapport au modèle théorique (on se reportera au rapport du Pr. GABILLARD avec la participation de l'auteur, référence 18).

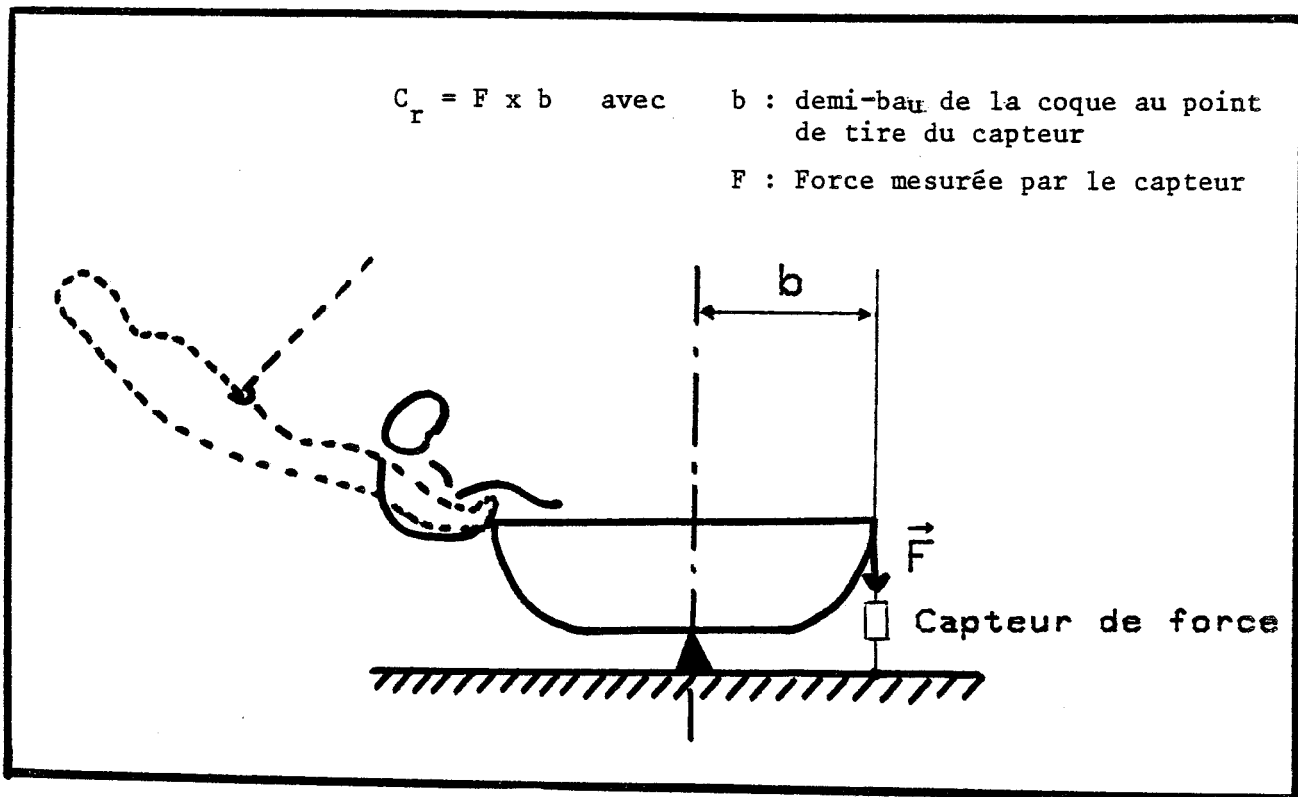
On voit donc l'importance de connaître le couple de rappel exercé par les différents équipages.

Mais nous avons amélioré sur deux plans le système existant par :

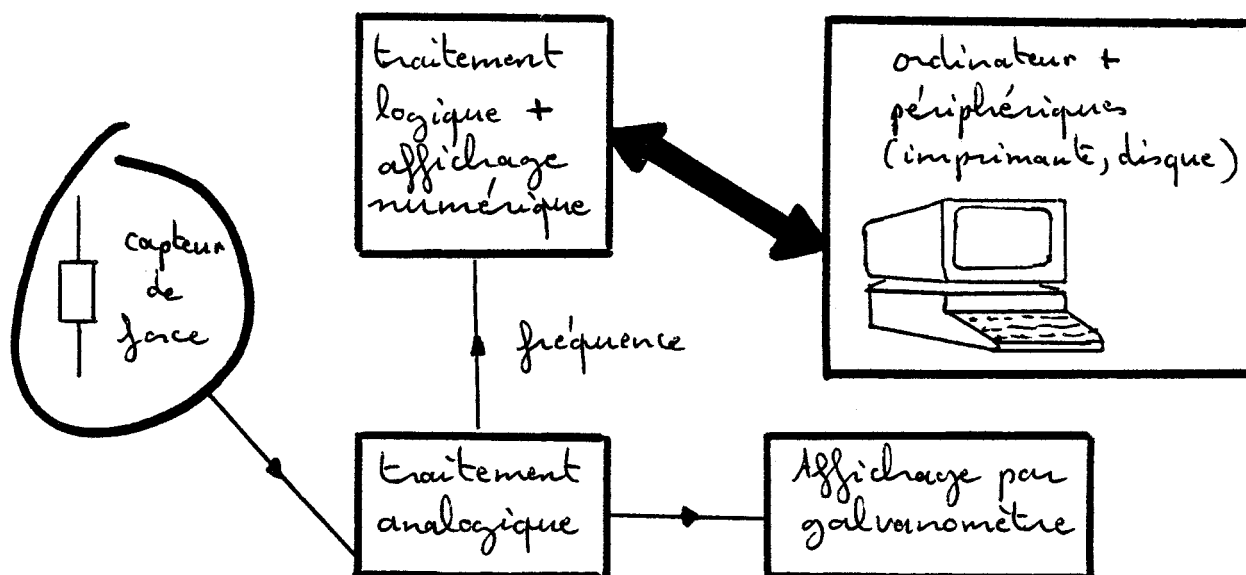
- Le choix d'un nouveau capteur de force (mesurant le couple de rappel) de grande précision et une nouvelle conception de son électronique associée.

- L'automatisation du banc de mesure qui confère une certaine originalité au système : la valeur du couple exercé et le temps d'intégration de la mesure sont directement acquis en mémoire centrale de l'ordinateur, sans intervention de l'opérateur.

Nous mesurons ainsi le couple de rappel  $C_r$  exercé soit par le barreur "au rappel", soit par l'équipier "au trapèze", soit par les deux simultanément, de la façon suivante :



Le capteur de force n'est que le premier maillon de ce banc automatisé qui se présente globalement ainsi :



### III. 1. La mesure du couple et l'électronique associée

On se reportera essentiellement à la référence 19.

#### \* Choix du capteur :

Nous utilisons un capteur de force FGP travaillant en traction dont l'étendue de mesure est 250 daN et la précision totale (linéarité et hystérésis) 0,2%.

\* L'électronique de traitement du signal délivré par le capteur a été scindée en deux boîtiers indépendants :

- d'une part le traitement analogique :

Le signal est amplifié et transformé par l'intermédiaire d'un convertisseur tension fréquence en une fréquence (10 KHz pour la pleine échelle de 250 daN). Nous disposons ainsi d'une sortie fréquence, d'une sortie galvanomètre pour visualiser la force exercée sur le capteur et de plus d'une voie écart qui permet de mesurer par rapport à une position moyenne de rappel les faibles variations dans les gammes  $\pm 5$  Kg,  $\pm 10$  Kg,  $\pm 25$  Kg (Recherche d'une position optimale de rappel).

- d'autre part le traitement logique :

Cette carte réalise le dialogue avec l'ordinateur, l'affichage numérique du résultat et se décompose ainsi :

- sélection du temps de mesure : un bouton poussoir permet de faire basculer le temps d'intégration sur 1, 2, 5 ou 10 s (avec affichage par LED), puis cette durée de la mesure choisie par l'opérateur est programmée sur des compteurs BCD. Ce choix a été introduit de façon à évaluer la maintenance des efforts exercés par les équipages passant sur le banc de mesure.

- comptage et affichage : la fréquence délivrée par l'interface analogique est "comptée" durant le temps d'intégration sélectionné. Le résultat du comptage est envoyé sur  $3 \times 8$  bits par l'intermédiaire de six compteurs BCD qui commandent également l'affichage numérique ; un démultiplexeur commandé par l'ordinateur permet de placer successivement ces 3 octets sur un bus unique de données. (On se reportera au point suivant, cf § III.2.)  
De plus le signal autorisant la mesure est renouvelé lorsqu'une mesure est en cours.

### III. 2. Couplage du banc à un ordinateur et résultats

\* L'ordinateur utilisé (Hewlett Packard 35 ou 45) se comporte en maître vis à vis du périphérique esclave que constitue le capteur de force: il initialise l'appareil de mesure, donne le top du début de la mesure et acquiert le résultat (force exercée et durée de la mesure sélectionnée par l'entraîneur).

\* Le couplage entre l'ordinateur et l'appareil de mesure est réalisé avec l'interface HP 98032A, 16 bits parallèles Entrée/Sortie. Toutefois afin de s'affranchir du dialogue standard HP (lignes de dialogue PCTL et PFLG, cf référence 20), nous avons bouclé ce dialogue sur lui-même pour placer l'ordinateur dans une configuration d'Auto-Handshake, afin qu'il reste toujours maître de son périphérique.

\* Les données à acquérir sont les suivantes:

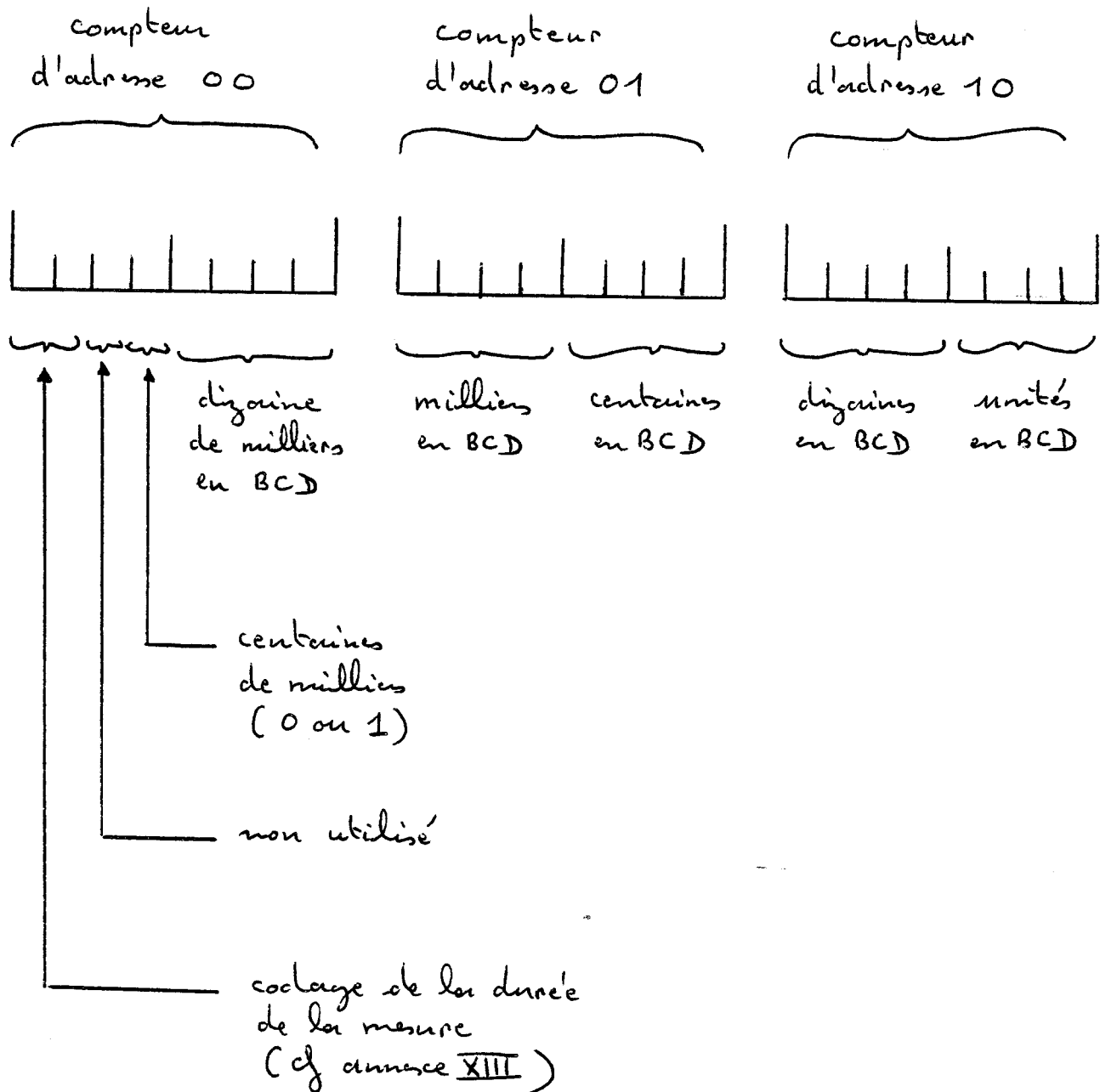
- temps d'intégration sélectionné par l'opérateur sur l'appareil de mesure: 1, 2, 5 ou 10 s.

- résultat de la mesure: rappelons que celle-ci est effectuée par comptage sur une fréquence masculine de 10 KHz; la durée de mesure pouvant être de 10 secondes, et en admettant une surcharge (admise par le constructeur du capteur) de 150%, ce comptage sera toujours inférieur à 150 000.

Les données sont codées sur 3 compteurs de 8 bits; l'ordinateur réalise l'adressage de ces compteurs par l'intermédiaire de son bus de sortie afin d'acquérir sur son bus d'entrée (8 bits utilisés) un octet à la fois.



Ce codage est effectué de la façon suivante :



\* L'organigramme du dialogue est donnée à la page suivante.


(lignes de dialogue utilisées sur l'interface HP :

CTL  $\phi$  } ordinateur  $\rightarrow$  appareil de mesure

CTL 1 }

STE  $\phi$  : appareil de mesure  $\rightarrow$  ordinateur


en plus des bus de data d'Entrée / sortie ).


Initialisation : Envoi d'une impulsion  sur la ligne CTL $\phi$  de durée  $> 100$  ns et  $< 1$  s ( $<$  au temps d'intégration le plus court)  
A cet instant, une acquisition sur 1 s est déclenchée.

Sélection sur l'appareil de mesure de la durée d'intégration du comptage (1, 2, 5 ou 10 s).

Sinon :

- elle sera automatiquement égale à 1 s après une initialisation
- elle sera égale à la durée de la mesure précédente si l'opérateur a demandé une nouvelle mesure.

A chaque mesure voulue :  
Top du début de la mesure : Envoi d'une impulsion  ( $> 100$  ns) sur la ligne CTL 1.

L'appareil de mesure renvoie sur la ligne STL $\phi$  un signal d'occupation  dont le front ne redescend qu'après achèvement de la mesure, c'est à dire à l'issue de 1, 2, 5 ou 10 s.  
L'ordinateur est en scrutation de cette ligne

Acquisition : l'ordinateur acquiert successivement sur son bus d'entrée de données les 3 octets précédemment décrits, l'adressage étant réalisé par les bits 0 et 1 de son bus de sortie.

oui

Nouvelle mesure

non

Fini

Le lecteur se reportera à l'annexe XIII pour la réalisation de ces programmes de dialogue qui effectuent en outre la sauvegarde sur support magnétique des prises de mesures.

\* Nous avons ainsi procédé à une série de mesures du couple de rappel principalement sur l'Equipe de France de Voile, Série sévère olympique "470" à la veille du championnat du Monde à l'Ecole Nationale de Voile à Quiberon en Août 1981, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

Ces mesures sont particulièrement précises pour l'équipage car elles leur permettent de rechercher la position d'efficacité maximale :

Par exemple, nous nous sommes rendus compte que le fait pour un équipier de se mettre en extension sur la pointe des pieds "au trapèze" (position éprouvante physiquement surtout tout au long d'une régata) n'augmente pas le couple de rappel, car ce faisant, l'équipier se cambre et déplace son centre de gravité vers l'intérieur du bateau.

# FICHIER: F1F6

20-08-81

ENV

Bras de Levier en m: .823

Barreur Seul

Nom du Barreur: PEONNET Daniel

Taille: 1m66

Poids: 52 Kg

* COMMENTAIRE	* DUREE *	* COUPLE *
* RAPPEL NORMAL	* 1 *	* 47.3 *
* RAPPEL MAX	* 1 *	* 53.0 *

# FICHIER: F2F2

22-8-81

ENV

Bras de Levier en m: .823

Equipier Seul

Nom de l'Equipier: NARBONNE

Taille no: 1m84

Taille en Chaussures: 1m90

Taille sur la Pointe des Chaussures: 1m96

Poids: 77 Kg

* COMMENTAIRE	* DUREE *	* COUPLE *
* TRAPEZE NORMAL	* 1 *	* 144.9 *
* TRAPEZE MAX (POINTE DES PIEDS)	* 1 *	* 154.9 *
* TRAPEZE MAX AVE BALLAST	* 1 *	* 170.6 *

## CONCLUSION

**[REDACTED]**

## C O N C L U S I O N

---

Le système d'acquisition de données météorologique que nous avons conçu et mis au point permet de mettre en mémoire et de présenter les informations acquises sous une forme facilement exploitable. La centrale de mesure proprement dite conserve néanmoins un caractère universel puisque la plupart des cartes réalisées peuvent servir dans d'autres systèmes d'acquisition, à l'exception bien sûr des interfaces spécifiques aux capteurs.

Ces capteurs ainsi que les signaux qu'ils délivrent ont fait l'objet d'un travail particulier de façon à obtenir des informations aussi précises que possible sur les différentes grandeurs physiques auxquelles ils nous donnent accès ; températures de l'air, de l'eau, pression barométrique, vitesse et direction du vent, etc...

Nous avons en outre développé les premiers programmes d'exploitation des banques de données ainsi obtenues afin d'une part de fournir aux régatiers et entraîneurs une aide à leur préparation sportive et un outil permettant une étude objective des plans d'eau où se déroulent les compétitions importantes ; d'autre part de présenter aux météorologistes des premiers résultats exploitables.

Après une phase de mise au point, inhérente à tout système nouveau, nous pensons avoir apporté une aide aux coureurs lors de nos différentes campagnes de mesures (semaines internationales de : Ski-Yachting à Cannes -Février 81- ; Hyènes -Avril 81- ; Kiel -Juin 81- ; championnat du monde des "470" à Quiberon -Août 81- ; etc...) en portant à leur connaissance des éléments sur l'évolution du vent que ce soit juste avant le départ d'une manche (étude des différents secteurs du

parcours, possibles effets de côtes) ou juste après (reconstitution de ce qui s'est réellement passé : visualisation des conditions dans lesquelles s'est déroulée la régate).

Dans une phase ultérieure, nous pouvons envisager de coupler à l'ensemble réalisé un calculateur programmable qui, en traitant les informations en temps réel et "à la carte" (d'après les souhaits des régatiers et entraîneurs) apportera une souplesse supplémentaire au système.

## BIBLIOGRAPHIE

---

---

## B I B L I O G R A P H I E

- 
- (1) Christian DEVAUX : "Etude et réalisation d'une instrumentation d'observation des interactions homme-machine dans le domaine du sport de la voile". Thèse de Docteur Ingénieur, Juin 1981.
  - (2) Alain CLAVEL : "Réalisation d'un gonjomètre électromagnétique permettant de mesurer la torsion d'un mât de dériveur". D.E.A., Octobre 1980.
  - (3) René MAYENCON  
"Météo pratique"
  - (4) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment  
"Climatologie" Volume II
  - (5) Christian DEVAUX : "Etude des perturbations d'un compas de voilier et méthodes de restitution du cap réellement suivi". D.E.A., Octobre 1979.
  - (6) C.A. MARCHAJ  
"Sailing theory and practice"  
"Adlard coles limited"
  - (7) Antoine VERNEY : "Etude et réalisation d'un ensemble de capteurs électroniques destinés à équiper une vedette de mesures micrométéorologiques", D.E.A., Octobre 1980.
  - (8) Antoine VERNEY : "Rapport d'activité BDI du CNRS de Septembre 1980 à Décembre 1981", Décembre 1981.
  - (9) Jean-Caude GENTINA : "Cours à l'institut Industriel du Nord l'identification des processus industriels", 1980.
  - (10) Jacques BAUDET, Jean-François DHALLUIN, Yves EMPIS : "Conception et réalisation de la centrale d'acquisition de données", Dossier de fabrication 1980.
  - (11) Serge FRERE : "Participation à l'équipement électronique du projet voile : Premier projet : carte d'interface anémomètre (fréquence-mètre)", rapport de stage I.U.T. 1980.
  - (12) Bertrand GABILLARD : "Etude et réalisation d'un enregistreur digital numérique programmable multistandard", Thèse de Docteur Ingénieur Juin 1981.
  - (13) Philippe MASSES : "Réalisation d'une unité d'affichage à cristaux liquides (LCD)", Rapport de stage I.U.T. 1980.



- (14) Pierre BORNE et Jean-Claude GENTINA : Cours IDN d'analyse des systèmes 1980.
- (15) J. MAX : "Méthodes et techniques de traitement du signal et applications aux mesures physiques", Masson 1977.
- (16) D. PELLLOT et P. ROBINET : "Etude et réalisation d'un banc de mesures des efforts aérodynamiques de voiles placées dans le vent réel", Mémoire de fin d'études ICAM 1976.
- (17) Alain CLAVEL : Trainée du "470 laboratoire". Essais effectués au bassin de carène de l'ENSEIHT de Toulouse en Février 1981. Rapport interne, Février 1981.
- (18) Laboratoire du Pr. R. GABILLARD (Equipe associée au CNRS)  
Résultats de recherches effectuées avec le 470 laboratoire en collaboration avec la direction technique de la Fédération Française de Voile.  
Présentation à l'occasion de la journée de travail du 23 Mars 1982, sur la recherche sportive, à l'INSEP, avec la collaboration du Ministère du temps libre, Ministère délégué à la jeunesse et aux sports. Par le Pr. GABILLARD Mars 1982.
- (19) P. BARDOU, D. DEGARDIN, J. BAUDET et A. VERNEY : "Réalisation d'un capteur de force couplé à un ordinateur", Rapport interne Juillet 1981.
- (20) Hewlette-Packard : 98032 A 16 Bit Interface Installation and Service Manual.

## ANNEXES



## SOMMAIRE DES ANNEXES

---

- I : Procédé d'identification des capteurs
- II : Interface du speedomètre
- III : Interface du capteur d'ensoleillement
- IV : Interface des capteurs de température
- V : Implantation mécanique du capteur de température d'eau
- VI : Interface du baromètre
- VII : Transfert des données : Enregistreur  $\Rightarrow$  Calculateur
- VIII : Synoptique de mesures
- IX : Programme de restitution du vent réel
- X : Programme de mesure du courant
- XI : Programme de restitution de la trajectoire
- XII : Programme de suivi de planches à voile
- XIII : Programme de gestion par ordinateur du banc de mesures du couple de rappel.

Annexe I

PROCEDURE D'IDENTIFICATION DES CAPTEURS

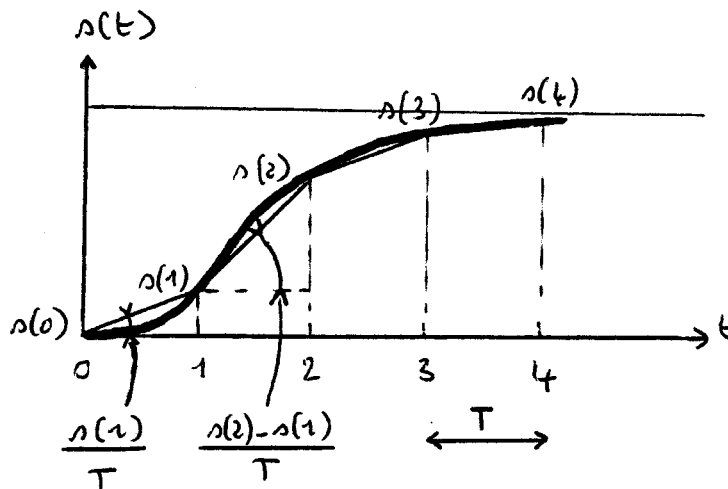
## Annexe I

### Procédé d'identification des capteurs

#### 1°) Principe de la méthode :

(référence 3)

Nous utilisons l'analyse indiciale de la réponse du capteur à un échelon :



Soit  $T$  la période d'échantillonnage choisie.

Nous remplaçons la courbe de réponse du capteur obtenue sur table traçante analogique par des segments de droite, joignant les points aux instants d'échantillonnage.

L'entrée par transformation de Laplace d'un échelon est une rampe  $\frac{1}{p}$ .

Nous avons alors :

$$\begin{aligned}
 s(p) = & \frac{s(1)}{T} \cdot \frac{1}{p^2} - \frac{s(1)}{Tp^2} e^{-Tp} \\
 & + \frac{s(2) - s(1)}{Tp^2} e^{-Tp} - \frac{s(2) - s(1)}{Tp^2} e^{-2Tp} \\
 & + \frac{s(3) - s(2)}{Tp^2} e^{-2Tp} - \frac{s(3) - s(2)}{Tp^2} e^{-3Tp} \\
 & + \dots
 \end{aligned}$$

chaque des points échantillonnés étant augmenté d'un retard  $T$ .

$$\text{Soit: } s(i) - s(i-1) = \Delta_{i-1}$$

Il vient:

$$s(p) = \frac{\Delta_0}{Tp^2} + \frac{e^{-Tp}}{Tp^2} [\Delta_1 - \Delta_0] + \frac{e^{-2Tp}}{Tp^2} [\Delta_2 - \Delta_1] \\ + \dots + \frac{e^{-kTp}}{Tp^2} [\Delta_k - \Delta_{k-1}] + \dots$$

$$\text{Soit: } \Delta_k^* = \Delta_k - \Delta_{k-1} = s(k+1) - 2s(k) + s(k-1)$$

Il vient:

$$s(p) = \frac{1}{Tp^2} [\Delta_0 + \Delta_1^* e^{-Tp} + \dots + \Delta_k^* e^{-kTp} + \dots]$$

$$\text{Soit } F(p) = \frac{s(p)}{e(p)}, \quad \begin{array}{c} e \text{ --- } \boxed{F} \text{ --- } s \end{array}$$

la fonction de transfert du capteur.

Comme  $e(p) = \frac{1}{p}$ , nous avons alors:

$$F(p) = \frac{1}{Tp} \left[ \Delta_0 \times (1) \right. \\ + \Delta_1^* \left( 1 - Tp + \frac{T^2 p^2}{2!} + \dots + (-1)^k \frac{T^k p^k}{k!} + \dots \right) \\ + \dots \\ + \Delta_n^* \left( 1 - nTp + \frac{(nTp)^2}{2!} + \dots + (-1)^l \frac{(nTp)^l}{l!} + \dots \right) \\ \left. \right]$$

$$\Rightarrow F(p) = \frac{1}{Tp} \left[ \sum_{i=0}^{\infty} \Delta_i^* - \frac{(Tp)^1}{1!} \sum_{i=0}^{\infty} (i)^1 \Delta_i^* + \dots \right. \\ \left. + \dots + (-1)^k \frac{(Tp)^k}{k!} \sum_{i=0}^{\infty} (i)^k \Delta_i^* + \dots \right]$$

Parons :

$$F(p) = \frac{1}{Tp} [c'_0 + c'_1 p + c'_2 p^2 + \dots + c'_n p^n + \dots]$$

Le terme  $c'_0$  est nul :

$$\text{gain statique} = \lim_{p \rightarrow 0} \left[ p \underbrace{\left( F(p) \times \frac{1}{p} \right)}_{s(p)} \right] = F(0)$$

$$\Rightarrow c'_0 = 0 \quad (\text{sinon le gain statique serait infini})$$

$$\text{soit : } \sum_{i=0}^{\infty} \Delta_i^* = 0 \quad (\text{pas d'intégration pure}).$$

Le gain statique est alors égal à  $\frac{c'_1}{T}$

$n$  étant l'ordre de la fonction de transfert  $F(p)$  nous pouvons poser :

$$F(p) = \frac{b_0 + b_1 p + \dots + b_{n-1} p^{n-1}}{a_0 + a_1 p + \dots + a_{n-1} p^{n-1} + a_n p^n} \\ = c_0 + c_1 p + \dots + c_n p^n + \dots + c_{2n} p^{2n} + \dots$$

$$\Rightarrow c_0 = \frac{c'_1}{T}, \quad c_1 = \frac{c'_2}{T}, \quad \dots, \quad c_k = \frac{c'_{k+1}}{T}, \quad \dots$$

Il y a donc  $(2n+1)$  paramètres d'identification  $(b_i, a_i)$  qui sont entièrement déterminés par la résolution du système suivant de  $(2n+1)$  équations :

$$\left\{ \begin{array}{l} n \left\{ \begin{array}{l} b_0 = a_0 c_0 \\ b_1 = a_1 c_0 + a_0 c_1 \\ b_2 = a_2 c_0 + a_1 c_1 + a_0 c_2 \\ \vdots \\ b_{n-1} = a_{n-1} c_0 + \dots + a_0 c_{n-1} \end{array} \right. \\ \\ n+1 \left\{ \begin{array}{l} a_n c_0 + \dots + a_0 c_n = 0 \\ a_n c_1 + \dots + a_0 c_{n+1} = 0 \\ \vdots \\ a_n c_n + \dots + a_0 c_{2n} = 0 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Nous calculerons donc  $(2n+1)$  termes  $c_i$  de  $i=0$  à  $2n$  qui suffiront à la détermination des  $(b_i, a_i)$ .



## 2°) Analyse informatique

```

10  OPTION BASE 0
20  DIM Pr$(150)
30  Pr$="Programme 'IDENTI' du 15-02-82"
40  !

```

Indication des matrices à partir de 0.

```

50  !
60  DIM P(10,10)
70  DIM A(10)
80  DIM B(10)
90  DIM X(10,10)
100 DIM Y(10,10)
110 DIM Det(10,10)
120 DIM L(11)
130 DIM M(10)
140 DIM C$(130)
150 !

```

Dimensionnement initial:  
nous limitons l'ordre du dénominateur à 5 et donc celui du numérateur à 4, car à priori, les capteurs rencontrés ne dépassent pas le

5ème ordre (si le cas contraire se présentait, il suffirait de modifier ces lignes du programme)

```

160 !
170 INPUT "Numérateur = Ordre 0 (0) ou Ordre > 0 (1) ?", Typ
180 INPUT "Ordre d'identification (<=5) ?", N
190 INPUT "Commentaire ?", C$
200 !

```

Choix de l'ordre du dénominateur; la vérification sera effectuée à posteriori (cf char-

-pitre I § 2) par tracés comparés de la réponse analogique échantillonnée et de la réponse identifiée.

D'autre part, nous introduisons une simplification éventuelle, le numérateur de la fonction de transfert pouvant être réduit à  $b_0$  (vérifié à posteriori).

```

210 !
220 REDIM Del(N-1,N-1)
230 REDIM A(N)
240 REDIM B(N-1)
250 REDIM X(N-1,N-1)
260 REDIM Y(N-1,N-1)
270 REDIM M(N-1)
280 !

```

```

290 !
300 RESTORE
310 READ Nombre
320 READ T
330 DIM R(100)
340 FOR I=0 TO Nombre-1
350 READ R(I)
360 NEXT I
370 !

```

```

380 !
390 DIM D(100)
400 D(0)=R(1)-2*R(0)
410 FOR I=1 TO Nombre-2
420 D(I)=R(I+1)-2*R(I)+R(I-1)
430 NEXT I
440 !

```

```

450 !
460 DIM C(11)
470 MAT C=ZER
480 FOR J=0 TO 2*N+1
490 FOR I=0 TO Nombre-2
500 C(J)=C(J)+I*J*D(I)
510 NEXT I
520 NEXT J
530 !

```

```

540 !
550 FOR J=0 TO 2*N+1
560 IF J=0 THEN K=1
570 IF J<>0 THEN K=J*K
580 C(J)=(-1)^J*T^J*C(J)/K
590 NEXT J
600 !

```

Redimensionnement des matrices de calcul en fonction de l'ordre du numérateur choisi (N).

Lecture des données (en gène DATA:  
cf chapitre I §.2) :

Nombre: Nombre d'échantillons  
T : période d'échantillonnage  
RCI): points échantillonnés

Calcul des  $\Delta_i^*$  :

$\Delta_i^* = n(i+1) - 2n(i) + n(i-1)$   
n(i) représente par R(i).

Calcul pour  $j=0$  à  $2 \times$  l'ordre  
dénominateur: N) + 1 de :

$$\sum_{i=0}^{\infty} (i)^j \Delta_i^*$$

Calcul pour  $j=0$  à  $2N+1$   
des  $c'(j)$ : (notés ici C(CS))

$$c'(j) = (-1)^j \frac{(T)^j}{j!} \sum_{i=0}^{\infty} (i)^j \Delta_i^*$$

```

610 !
620 PRINTER IS 7,2
630 PRINT C$
640 PRINT
650 PRINT "C'(0) :";C(0)
660 PRINT
670 !

```

Vérification de la nullité de  $c'(0)$  (Gain statique non infini).

```

680 !
690 FOR J=0 TO 2*N
700 C(J)=C(J+1)/T
710 NEXT J
720 !

```

Calcul de  $j=0$  à  $2 \times n$  des  $C(j)$ :

$$C(j) = \frac{C'(j+1)}{T}$$

```

730 !
740 FOR K=0 TO N-1
750 FOR L=0 TO N-1
760 Det(K,L)=C(K+L)
770 NEXT L
780 NEXT K
790 Det=DET(Det)
800 A(0)=1
810 PRINT "A(0) :";A(0)
820 FOR L=0 TO N-1
830 MAT X=Det
840 FOR K=0 TO N-1
850 X(K,L)=-C(N+K)
860 NEXT K
870 Det1=DET(X)
880 A(L+1)=Det1/Det
890 PRINT USING "2A,D,4A,D.DD";"A(";L+1;") : ";A(L+1)
900 NEXT L
910 PRINT
920 !

```

Résolution de:

$$\begin{cases} a_n c_0 + \dots + a_0 c_n = 0 \\ \vdots \\ a_n c_n + \dots + a_0 c_{2n} = 0 \end{cases}$$

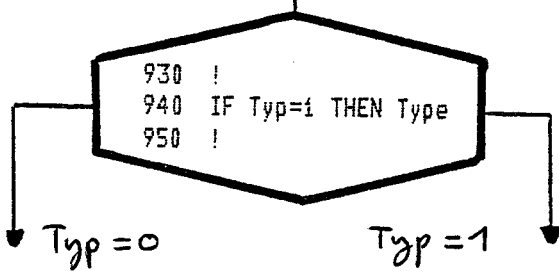
D'après la forme de la fonction de transfert  $F(p)$ , nous pouvons poser  $a_0 = 1$ .

Le système à résoudre est alors le suivant:

$$\begin{cases} a_n c_0 + \dots + a_1 c_{n-1} = -c_n \\ \vdots \\ a_n c_{n-1} + \dots + a_1 c_{2n-2} = -c_{2n-1} \end{cases}$$

Nous résolvons ce système de  $n$  équations par la méthode des déterminants :

$$A(l+1) = \frac{\begin{vmatrix} C_0 & \dots & -C_n & \dots & C_{n-1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{n-1} & \dots & -C_{2n-1} & \dots & C_{2n-2} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} C_0 & \dots & C_l & \dots & C_{n-1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{n-1} & & C_{l+n-1} & \dots & C_{2n-2} \end{vmatrix}}$$



deux cas possibles :

identification suivant une fonction de transfert du type (Typ = 0) :

$$F(p) = \frac{b_0}{a_0 + a_1 p + \dots + a_n p^n}$$

ou du type (Typ = 1) :

$$F(p) = \frac{b_0 + b_1 p + \dots + b_{n-1} p^{n-1}}{a_0 + a_1 p + \dots + a_{n-1} p^{n-1} + a_n p^n}$$

\* Cas de simplification (où  $T_p = 0$ ) :

```

960 !
970 B(0)=A(0)*C(0)
980 PRINT USING "7A,D,DD"; "B(0) : "; B(0)
990 PRINT
1000 GOTO Suite
1010 !

```

les termes  $b_1, \dots, b_{n-1}$  sont nuls.

nous avons  $b_0 = a_0 \times C_0$

Mais avons envisagé ce cas éventuel, car d'a-  
près les courbes de réponse obtenues, nous pourrions  
supposer que le numérateur était égal à une  
constante (égale à 1 si  $a_0 = 1$  dans les élé-  
ments puisqu'il s'agit d'une limite d'un temps infini, la  
partie tend vers l'entrée :

$$r(t = +\infty) = e \Rightarrow \lim_{p \rightarrow 0} p \lambda(p) = 1$$

$$\Rightarrow \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot f(p) \cdot \frac{1}{p} = 1$$

$$\Rightarrow b_0 = a_0 \quad (= 1)$$

Les hypothèses sont vérifiées à posteriori. (cf  
chapitre I. § 2).

\* Cas général (où  $T_p = 1$ ) :

```

1020 !
1030 Type: !
1040 FOR K=N-1 TO 0 STEP -1
1050 MAT L=C
1060 REDIM L(K)
1070 FOR L=0 TO K
1080 M(L)=A(K-L)
1090 NEXT L
1100 REDIM M(K)
1110 B(K)=DOT(L,M)
1120 PRINT USING "2A,D,4A,D,DD"; "B(",K;") : "; B(K)
1130 NEXT K
1140 PRINT
1150 !

```

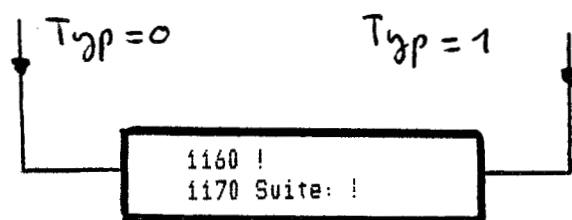
nous résolvons alors le  
système de n équar-  
tions :

$$\begin{cases} b_0 = a_0 C_0 \\ b_1 = a_1 C_0 + a_0 C_1 \\ \vdots \\ b_{n-1} = a_{n-1} C_0 + \dots + a_0 C_{n-1} \end{cases}$$

ce qui revient à calculer les produits scalaires :

$$(a_k, \dots, a_0) \times \begin{pmatrix} c_0 \\ \vdots \\ c_k \end{pmatrix}$$

de  $k = n-1$  à  $k = 0$  (dimensionnement décroissant des vecteurs, la redimensionnement des matrices ne pouvant être effectué par l'ordinateur dans l'ordre croissant).



La suite du programme comprend les datas relatives au relevé sur table traçante analogique de la réponse du capteur considéré, et les tracés comparés de l'identification et de la réponse (cf chapitre I § 2).

Dans la pratique nous avons procédé principalement à l'identification du capteur de température d'eau pour les raisons exposées au chapitre I § 2, mais nous avons voulu mettre en œuvre une méthode d'identification applicable à tout autre procédé, par simple modification des datas du programme.

2340 END

Fin du programme.

## Annexe II

### INTERFACE DU SPEEDOMETRE

## Annexe II

### Interface du speedomètre

\* Le speedomètre que nous utilisons était livré avec son boîtier d'interface BEN Marine, mais nous intervenons avant la sortie finale de la carte BEN afin :

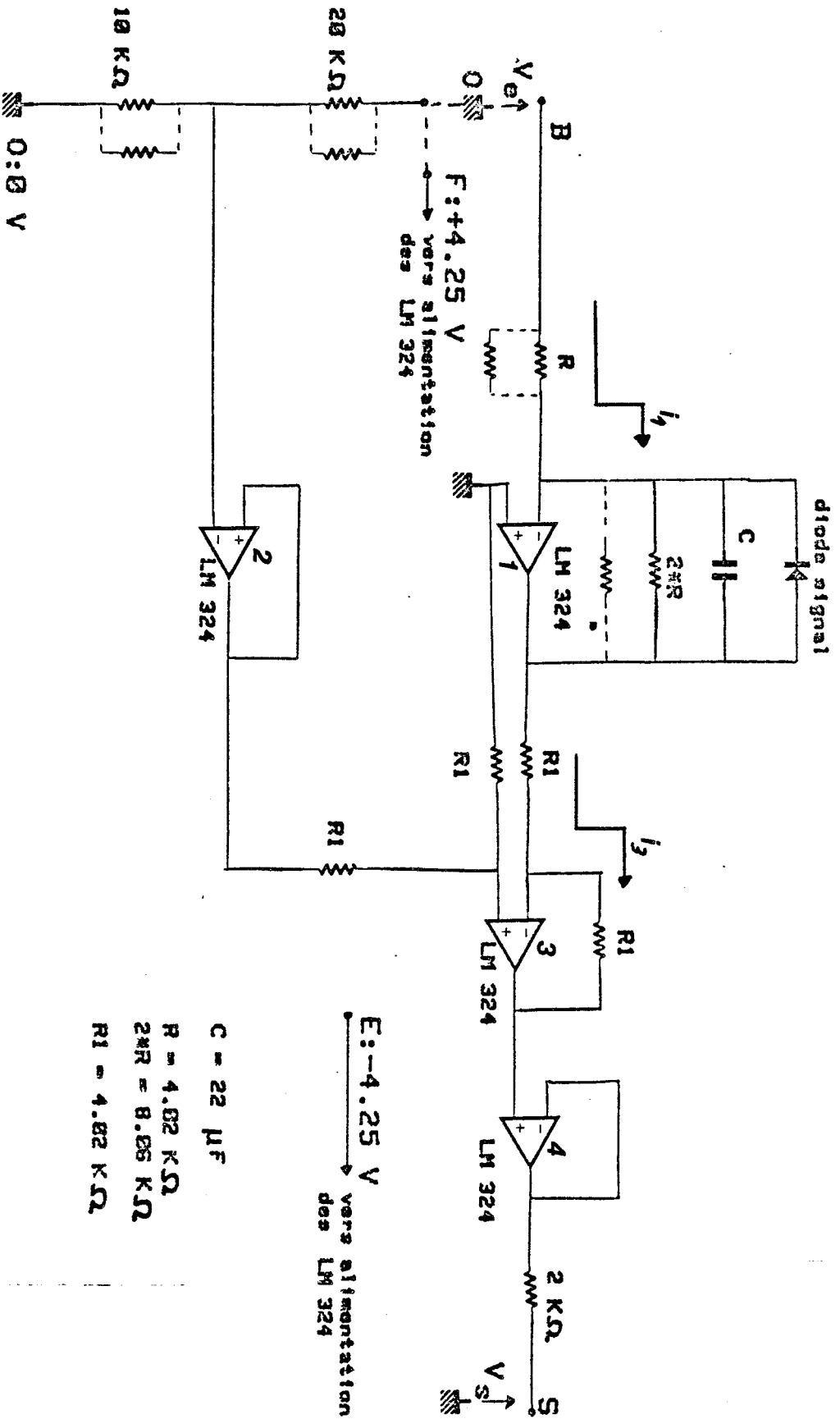
- d'une part de s'affranchir d'une cellule RC dont la constante de temps est trop élevée (6 secondes)
- d'autre part d'ajuster le gain du signal avant sa prise en compte par la centrale d'acquisition de données. (étalonnage).

\* Nous prenons la sortie "B" de la carte BEN (on se reportera au schéma électronique fourni par le constructeur), qui délivre  $70 \text{ mV}$  par nœud. Nous envisageons les deux possibilités suivantes :

- soit utiliser le seau électronique du "470 Labo" : dans ce cas, le signal de sortie est envoyé sur l'entrée "angle de barre" de ce seau : il nous est alors imposé une tension de sortie comprise entre 1,5 et 5 Volts.
- soit utiliser la centrale d'acquisition de la "redet. - le météo" : nous nous recales dans ce cas entre 0 et 4 volts ; (il suffira de supprimer la référence de 1,5 volts).

\* On se reportera, page suivante, au plan de l'interface réalisé.





Le LM324 intégrant 4 amplificateurs opérationnels est alimenté entre les points E (-4,25 volts) et F (+4,25 volts).

Les résistances 10 K, 20 K, R et 2R, sont disposées de façon à ajouter éventuellement en parallèle (en pointillé sur le schéma) des résistances pour ajuster l'offset et le gain de l'ensemble.

Le diode signal permet de protéger la capacité d'entrée C au cas où elle serait polarisée en inverse.

L'intérêt du montage effectué est d'avoir la possibilité d'ajuster le gain et l'offset séparément.

Calculs:

\* nous avons

$$\begin{cases} v_1^+ = 0 \\ v_1^- = 0 = v_B - R i_1 \\ v_{S1} = 0 - 2 \times R i_1 \end{cases}$$

$$(\text{en fait } v_{S1} = -\frac{8,06}{4,02} R i_1 = -2,005 R \cdot i_1)$$

$$\Rightarrow v_{S1} = -2,005 v_B$$

$$\begin{cases} v_2^+ = \frac{10}{10+20} v_F \quad (\text{avec } v_F = +4,25 \text{ V}) \\ v_2^- = v_2^+ = v_{S2} \end{cases}$$

$\Rightarrow v_{S2} = 1,42 \text{ V}$  cette valeur ajustable de  $v_{S2}$  par le jeu des résistances en parallèle constitue la tension d'offset sur l'entrée barre du "seau".

$$\begin{cases} v_3^+ = \frac{0 + v_{S2}}{2} \\ v_3^- = v_{S1} - R_1 \cdot i_3 = v_3^+ \\ v_{S3} = v_{S1} v_3^- - R_1 \cdot i_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{S3} = v_{S2} - v_{S1} = 1,42 + 2,005 \cdot v_B$$

$$* \quad v_{s_4} = v_4^- = v_4^+ = v_{s_3} \quad (\text{suiveur})$$

nous avons donc:

$$v_s = v_{s_4} = 1,42 + 2,005 \cdot v_B$$

ajustable à  
l'offset de l'entrée  
barre du seuil.

Gain ajustable

Soit à la vitesse de 25 nœuds:  $v_s = 4,93$  Volts.

Filtrage:

Il s'effectue sur l'amplificateur opérationnel  
n° 1 avec  $\tau = RC = 88 \text{ ms}$  ( $f_c = 1,8 \text{ Hz}$ )

Utilisation sur la centrale d'acquisition de la  
"redette météo":

Nous avons vu qu'il suffit dans ce cas de s'affranchir de la tension d'offset: à cet effet nous relierons la résistance de  $20 \text{ k}$  au point 0 (0 V) aux lieux et place du point F (+4,25 V).

Soit:

$$v_s = 2,005 \cdot v_B \quad \text{avec} \quad v_B = 70 \text{ mV/nd}$$

à la vitesse de 25 nœuds:  $v_s = 3,51$  Volts.

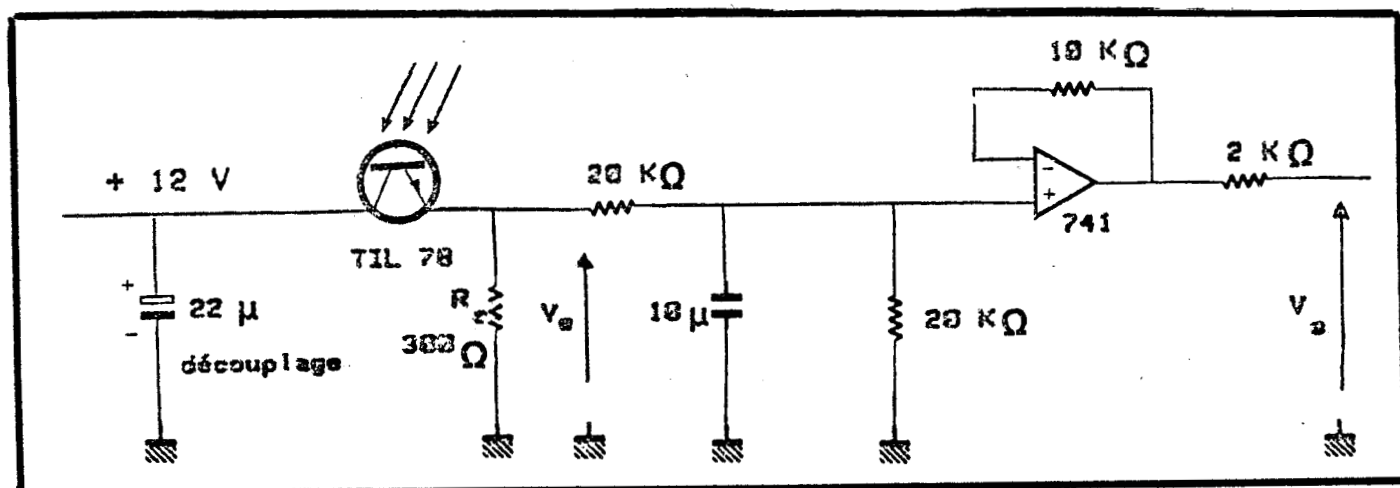
Dans les deux cas, nous utilisons la pleine échelle analogique avant digitalisation.

Annexe III

INTERFACE DU CAPTEUR D'ENSOLEILLEMENT

Annexe IIIInterface du capteur d'ensoleillement

\* Le schéma électronique est le suivant:



Aux bornes de l'amplificateur opérationnel 741, nous avons :

$$v_s = v_- = v_+ = v_c / 2$$

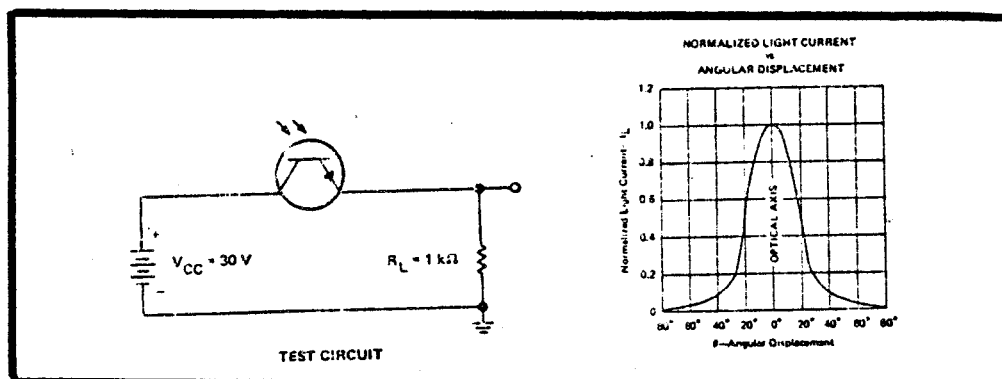
La résistance d'émetteur du TIL 78 a été choisie égale à 300  $\Omega$ , afin d'utiliser la pleine échelle analogique (4V), pour un ensoleillement maximum.

La fréquence de coupure du filtrage effectué est:

$$\left. \begin{aligned} f_c &= 1 / (2\pi RC) \\ R &= 20 \text{ k}\Omega \\ C &= 10 \mu\text{F} \end{aligned} \right\} \Rightarrow f_c = 0,8 \text{ Hz}$$

\* Directivité du TIL 78:

Comme le montre la caractéristique, page suivante, le phototransistor TIL 78 est directif: une bande passante de 3dB correspond à un déplacement angulaire par rapport à la source lumineuse de  $\pm 15^\circ$ .



Ainsi nous mesurerons bien le flux lumineux à l'aplomb de la rectette.

\* Par ailleurs, le constructeur donne un temps de réponse de 10 à 90% inférieur à 50 nanosecondes.

Etant donné cette rapidité de réponse, le problème de l'identification de ce capteur ne se pose pas.

Annexe IV

INTERFACE DES CAPTEURS DE TEMPERATURE

## Annexe IV

### Interface des capteurs de température

Nous avons réalisé la carte d'interface autour de l'élément de base sensible à la température LM 135 qui délivre  $10 \text{ mV}$  par degré Kelvin.

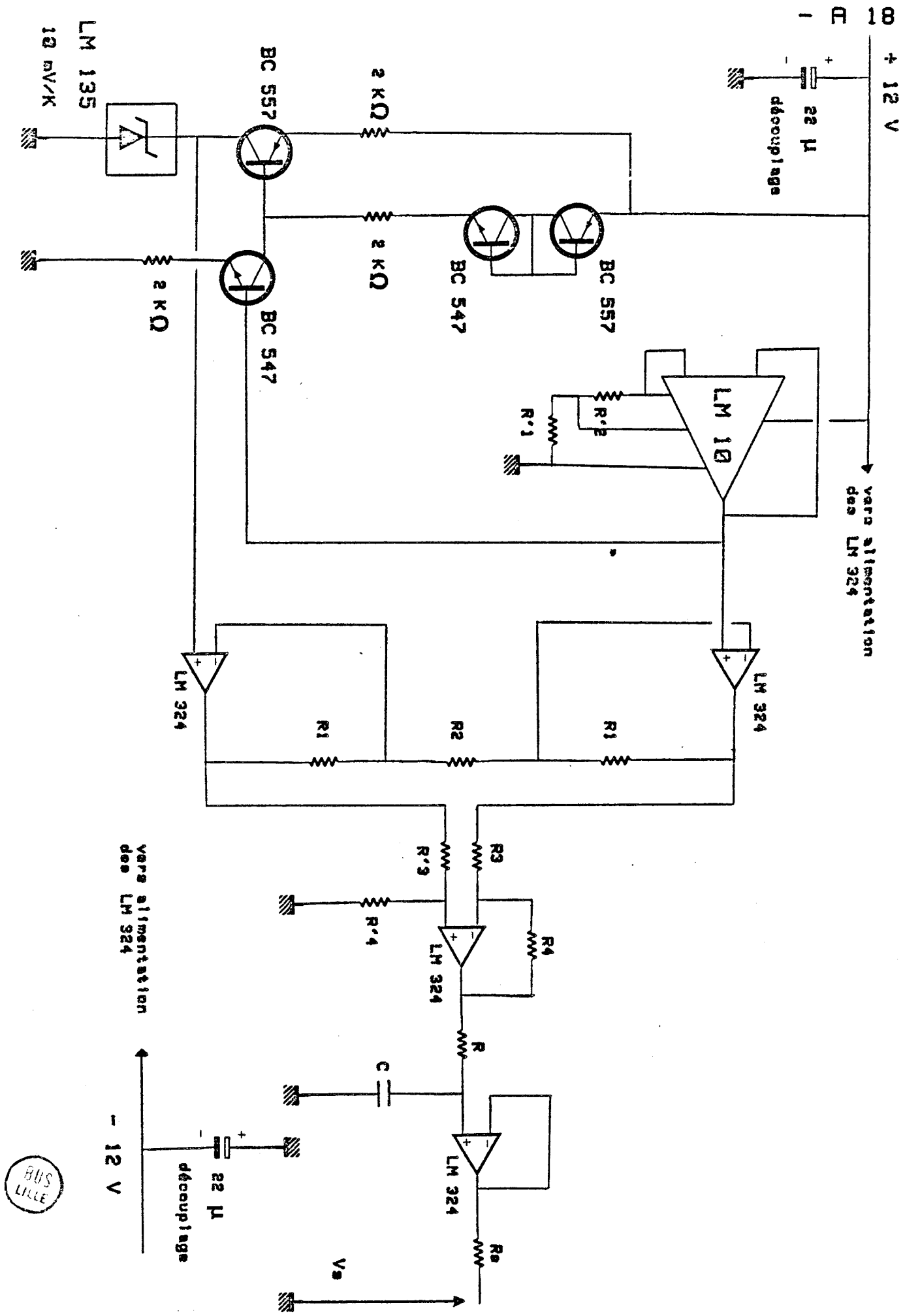
On se reportera au schéma général de la page suivante.

L'interface comprend essentiellement trois parties :

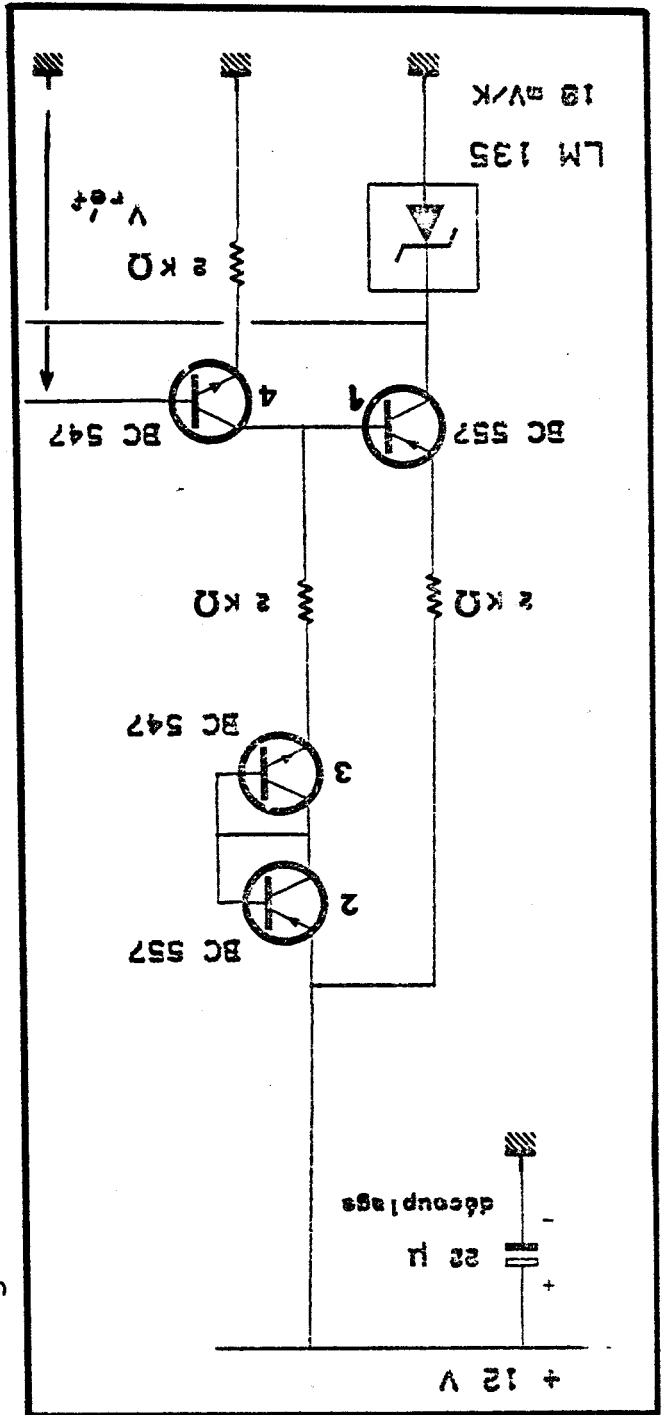
- Alimentation du LM 135
- Source de tension de référence qui génère  $2,73 \text{ V}$  : nous comparerons en effet la sortie du LM 135 à  $2,73 \text{ V}$  ( $273 \times 10 \text{ mV/Kelvin}$ ), c'est-à-dire à  $0^\circ \text{C}$ .
- Amplification du signal et différenciation par rapport à  $2,73 \text{ V}$ .

Etude de ces trois parties :





# • Alimentation du LM135

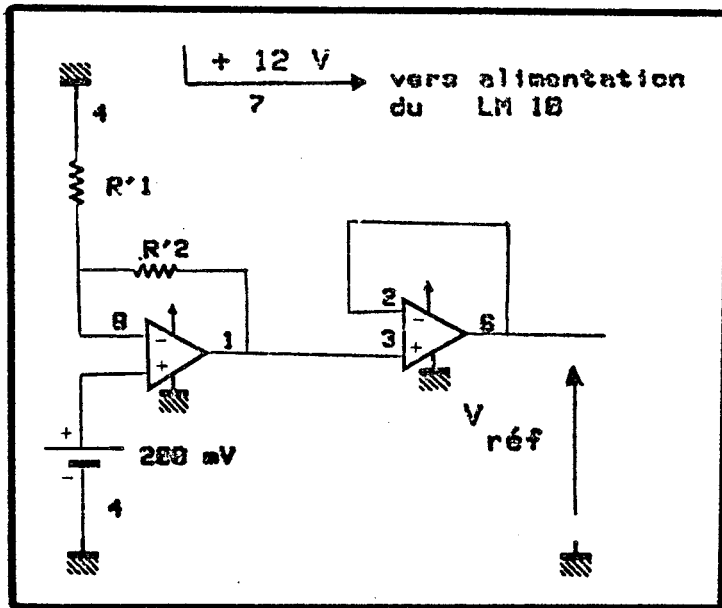


Le capteur est alimenté par un générateur de courant composé de 4 transistors (2 NPN et 2 PNP) :

Nous disposons entre la base de 4 et la masse de la tension de référence stable  $2,73V$  délivrée par le LM10. La tension base-émetteur du transistor étant de  $600mV$  et compte tenu de la résistance de  $2k\Omega$ , le courant délivré est de  $1,07mA$ . Les transistors 2 et 3 ne compensent mutuellement, le transistor 1 fonctionne en diode, le capteur LM135 est donc alimenté par un courant constant de  $1,07mA$  (la norme donnée par le constructeur est de  $1mA$ ).

Nous avons ainsi réalisé un réflecteur ou miroir de courant, les deux transistors se compensent mutuellement.

## Source de tension de référence LM10



L'élément LM135 nous fournissant  $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ , nous désirons nous recaler à partir de  $0^\circ\text{C}$ , ce qui correspond à  $273 \times 10 \text{ mV}$ , soit  $2,73 \text{ V}$ .

Nous avons adopté le sché-  
-ma ci-contre pour le LM10  
constitué de deux amplifica-  
-teurs opérationnels et d'une  
pile intégrée de  $200 \text{ mV}$ .

Nous avons alors :

$$v_2^- = v_3^+ = V_{\text{ref}} = v_1$$

$$\text{or } v_1 = \frac{R'_1 + R'_2}{R'_1} \times v_8^- = \frac{R'_1 + R'_2}{R'_1} \times 200 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow V_{\text{ref}} = \frac{R'_1 + R'_2}{R'_1} \times 200 \text{ mV} = 2,73 \text{ V}$$

$$\Rightarrow R'_2 = 12,65 R'_1$$

$$\text{Nous avons adopté } \begin{cases} R'_2 = 49,9 + 1 = 50,9 \text{ k}\Omega \\ R'_1 = 4,02 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

### Etude de la stabilité thermique du LM10

On comprendra aisément son importance puisque la ten-  
-sion de référence  $V_{\text{ref}}$  correspond à la température de com-  
-paraison de  $0^\circ\text{C}$ .

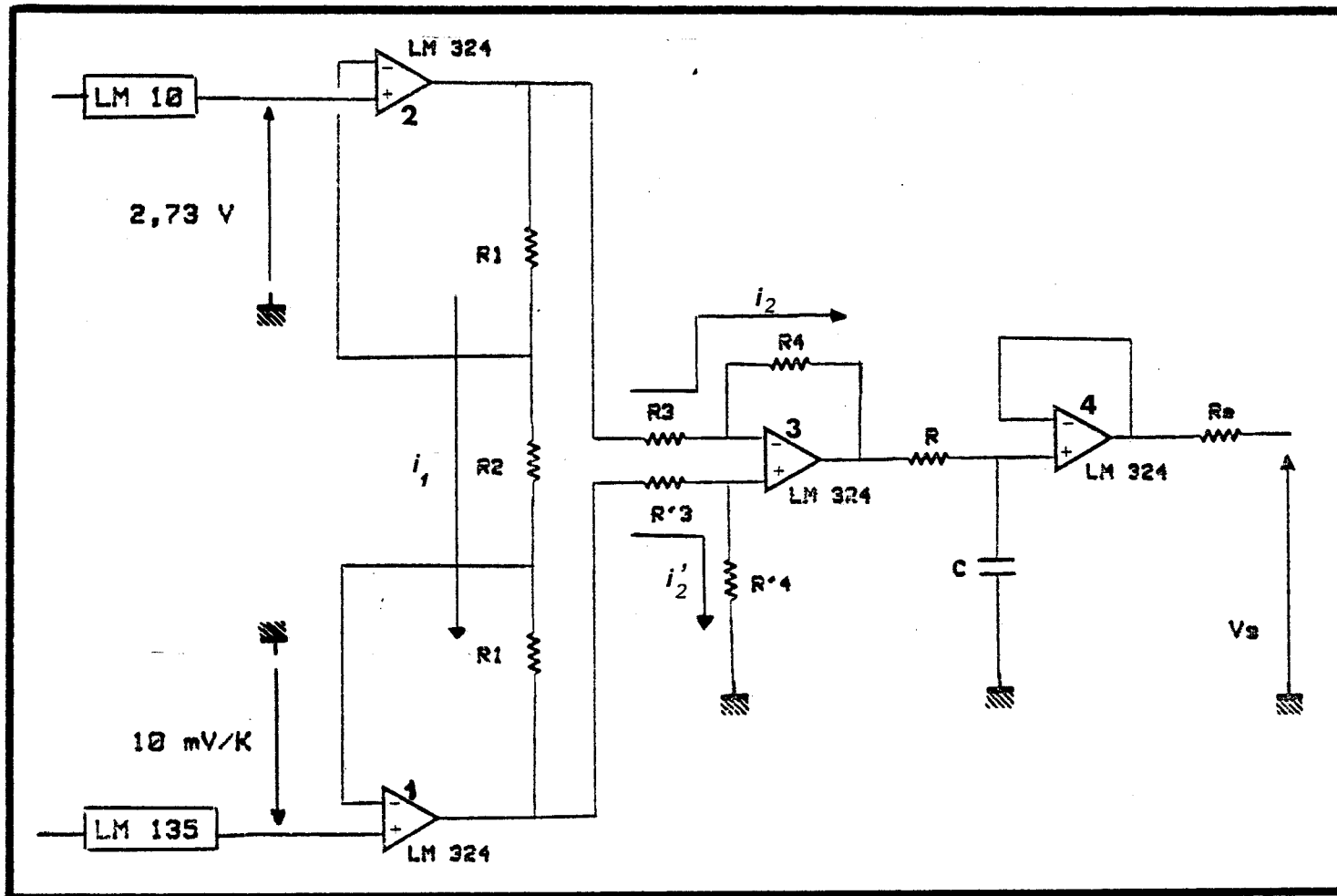
$$\begin{cases} \text{à } 15^\circ\text{C}, \text{ nous avons relevé } V_{\text{ref}} = 2,7779 \text{ V} \\ \quad (\text{soit une référence de } 4,6^\circ\text{C}) \\ \text{à } 55^\circ\text{C}, \text{ dans l'étape } V_{\text{ref}} = 2,7798 \text{ V} \\ \quad (\text{soit une référence de } 4,8^\circ\text{C}) \end{cases}$$

$\Rightarrow$  La dérive est donc de  $50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  ou encore

de  $\frac{0,5}{100} ^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$ , ce qui est parfaitement acceptable.

(Le décalage par rapport à  $0^\circ\text{C}$  est dû à la précision des composants utilisés, l'essentiel étant de connaître cet offset).

### • Amplification du signal



Nous utilisons un circuit intégré de 4 amplificateurs opérationnels LM324N.

Les deux premiers (1 et 2) amplifient le mode différentiel (température à partir de  $0^\circ\text{C}$ ) tout en conservant le mode commun (2,73 V). Le 3ème effectue la différence et le 4ème précédé d'un filtre passe-bas est monté en suiveur.

Soit  $v_1^+$  et  $v_1^-$  les tensions d'entrées de l'amplificateur 1 et  $v_{s1}$  sa tension de sortie.

Nous avons :

$$* \begin{cases} v_1^+ = 10 \text{ mV} / \kappa = 2,73 \text{ V} + 10 \text{ mV} / ^\circ\text{C} \\ v_2^+ = 2,73 \text{ V} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{s1} = v_1^- - R_1 i_1 \\ v_{s2} = v_2^- + R_1 i_1 \\ i_1 = \frac{v_2^- - v_1^-}{R_2} \end{cases}$$

comme d'autre part  $v_1^- = v_1^+$  et  $v_2^- = v_2^+$  :

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{s1} = \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) v_1^+ - \frac{R_1}{R_2} v_2^+ \\ v_{s2} = \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) v_2^+ - \frac{R_1}{R_2} v_1^+ \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{s1} = 2,73 \text{ V} + \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \times 10 \text{ mV} / ^\circ\text{C} \\ v_{s2} = 2,73 \text{ V} - \left( \frac{R_1}{R_2} \right) \times 10 \text{ mV} / ^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow (v_{s1} - v_{s2}) = \left( \frac{2R_1 + R_2}{R_2} \right) \times 10 \text{ mV} / ^\circ\text{C} \quad (\text{le mode commun } 2,73 \text{ V est éliminé}).$$

\* L'amplificateur 3 doit nous donner à sa sortie le seul mode différentiel :

$$v_{s3} = 2 \times (v_{s1} - v_{s2})$$

nous avons :

$$\begin{cases} v_{s3} = v_{s2} - (R_3 + R_4) i_2 \\ v_3^- = v_{s2} - R_3 i_2 \\ v_3^+ = v_{s1} - R'_3 i'_2 = R'_4 \cdot i'_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{s3} = \left[ \left( \frac{R_3 + R_4}{R'_3 + R'_4} \right) \times \left( \frac{R'_4}{R'_3} \right) \right] v_{s1} - \left[ \frac{R_4}{R_3} \right] v_{s2}$$

or nous voulons:  $v_{s3} = \alpha (v_{s1} - v_{s2})$

Soit par exemple :  $R_4 = R'_4$  et  $R_3 = R'_3$

$$\Rightarrow v_{s3} = \frac{R_4}{R_3} \times \frac{2R_1 + R_2}{R_2} \times 10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

Nous avons vu par ailleurs que la tension de sortie devait être comprise entre 0 et 4 Volts : pour se situer dans la bonne gamme de température (0 à 40 °C pleine échelle), nous obtenons :

$$v_{s3} \leq 100 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

Soit par exemple :

$$R_4 = R_3 = R'_4 = R'_3 = 8,06 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 4,02 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow v_{s3} = 90,4 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

\* L'amplificateur 4 est un filtre passe-bas :

sa fréquence de coupure est :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{cellule RC})$$

$$\begin{cases} R = 8,06 \text{ k}\Omega \\ C = 100 \text{ nF} \end{cases} \Rightarrow f_c \approx 197 \text{ Hz}$$

Nous avons finalement :

$$\boxed{v_s = 90,4 \text{ mV}/^\circ\text{C}}$$

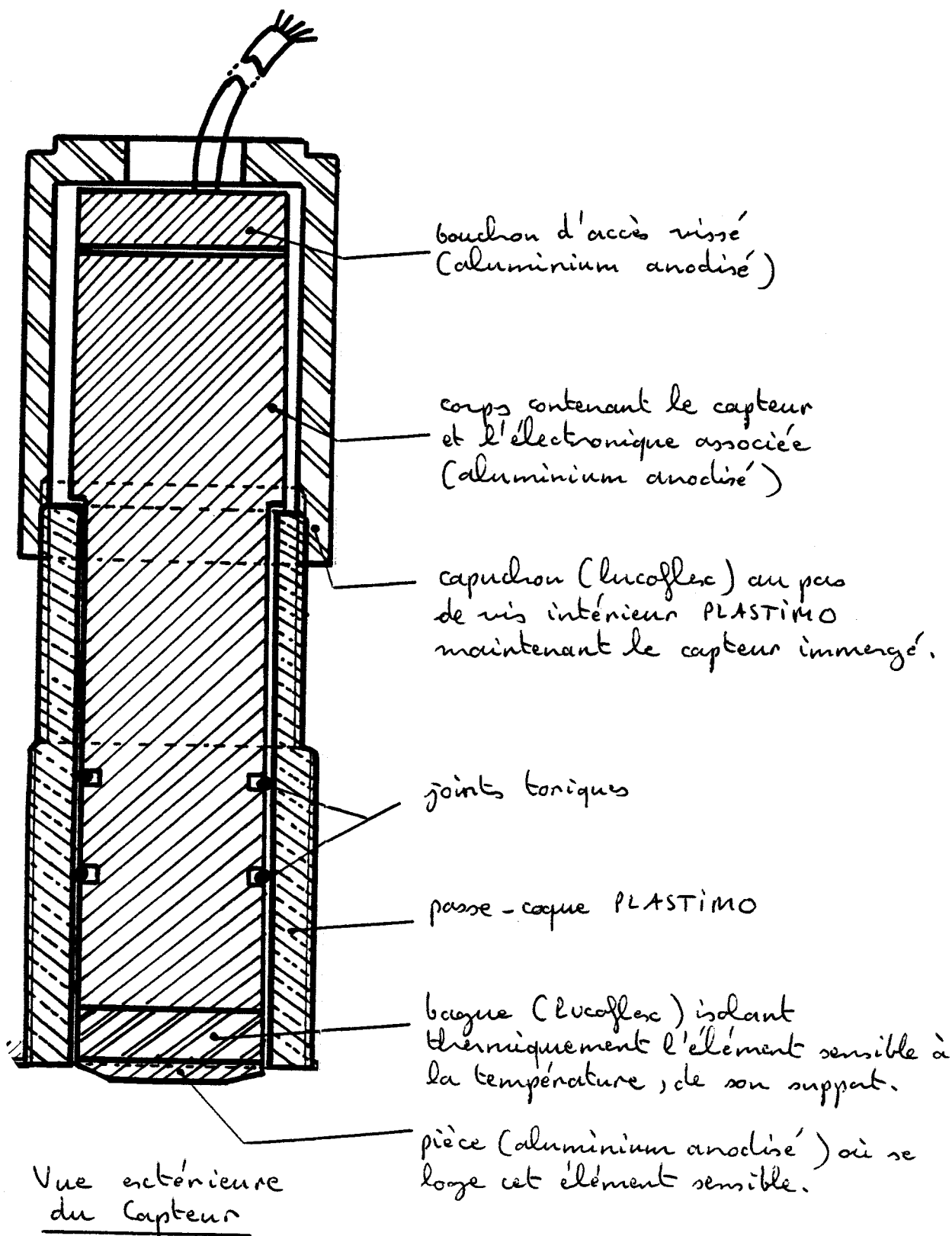
soit une échelle de températures de 0 à 45 °C environ.

Annexe V

IMPLANTATION MECANIQUE DU CAPTEUR  
DE TEMPERATURE D'EAU

# Annexe V

## Implantation mécanique du capteur de température d'eau



(afin d'assurer l'étanchéité toutes les pièces  
du capteur sont vissées, encastrées et collées et munies de joints internes).



Annexe VI

INTERFACE DU BAROMETRE

## Annexe VI

### Interface du baromètre

\* Rappelons les caractéristiques du capteur:

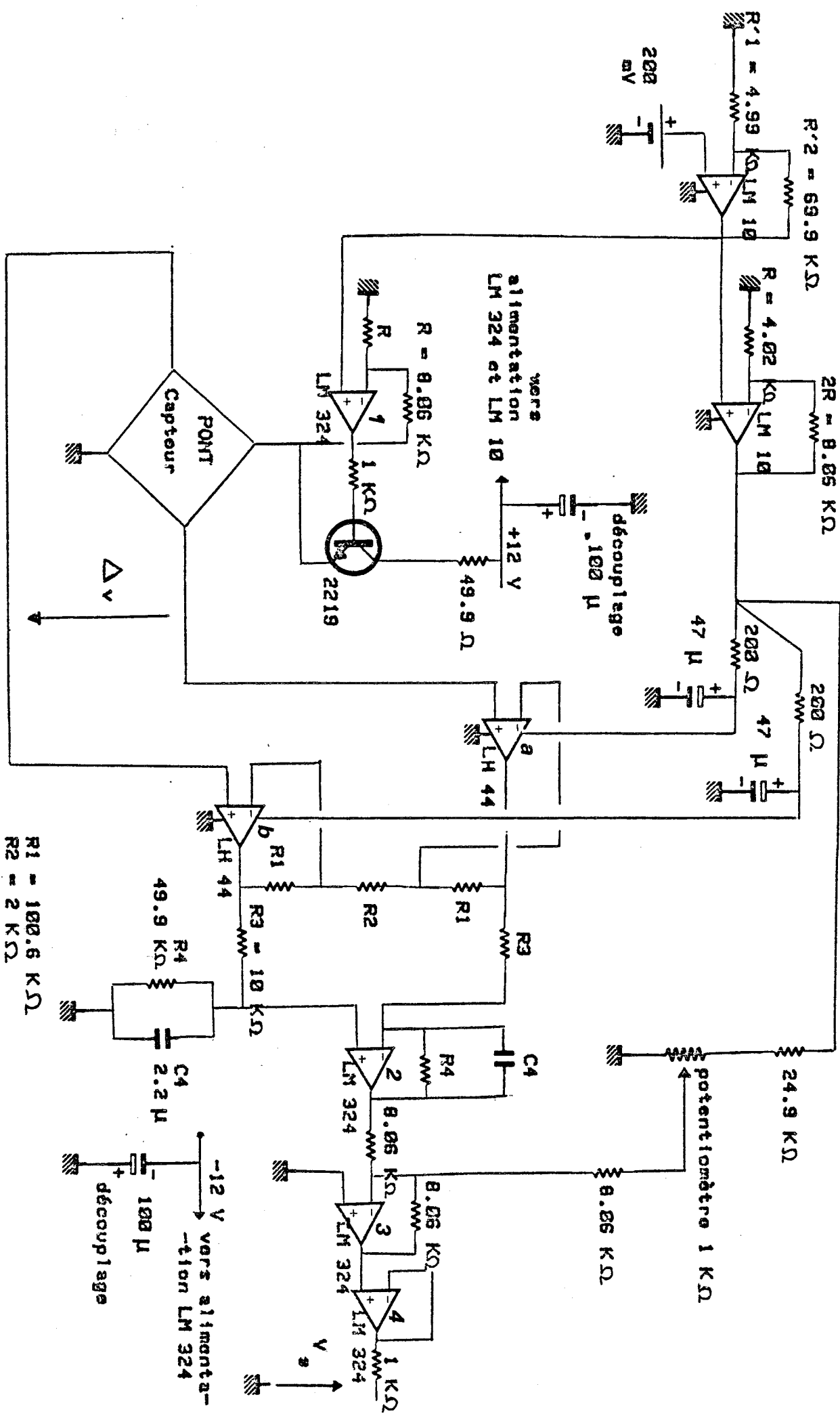
- Etendue de mesure (EM.) : 950 à 1150 mbars
- Signal de sortie : 1,498 mV par Volt d'alimentation avec  $V_{nominale} = 5V$ .
- Précision totale : 0,5% de l'EM.

\* En fonction de ces caractéristiques, notre but a été le suivant:

- réaliser une tension d'alimentation du pont de jauges très stabilisée puisque la précision en sortie en dépend.
- amplifier le signal obtenu en prévoyant un réglage d'offset (du fait du décalage du signal de sortie pour l'origine de l'EM. soit 950 mbars qui nous donne en sortie - 360  $\mu V$ ).

\* On se reportera, à la page suivante, au schéma de la carte d'interface.

INTRODUCTION du LABORATOIRE



BUS  
LILLE

## \* Carte interface

### Alimentation du capteur (et des deux amplificateurs LH44):

Le premier amplificateur du LM 10 nous donne:

$$v_s |_{LM10(1)} = \frac{R'_1 + R'_2}{R'_1} \times 200 \text{ mV} = 3,002 \text{ V}$$

et le deuxième:

$$v_s |_{LM10(2)} = \frac{2R + R}{R} \times v_s |_{LM10(1)} \left( = \frac{8,06 + 4,02}{4,02} \times 3,002 \right) \\ = 9,02 \text{ V}$$

Cette tension stabilisée de 9,02 V alimente les deux amplificateurs opérationnels LH44, précédés auparavant d'une cellule RC ( $R = 200 \Omega$ ,  $C = 47 \mu\text{F}$ ).

L'amplificateur 1 du LM 324 multiplie par 2 la tension  $v_s |_{LM10(1)}$ ; le transistor 2219 est un transistor de puissance. Par suite le pont du capteur est alimenté par la tension stabilisée de 6,004 V. (rappelons que  $V_{nominale} = 5 \text{ V}$  et  $V_{max} = 8 \text{ V}$ ).

### Amplification du signal délivré par le pont

Nous utilisons en premier lieu 2 LH44 placés symétriquement en sortie du pont de jauges, alimentés selon le procédé décrit précédemment.

Leur intérêt est de posséder une dérive pratiquement nulle, notamment par rapport au gain que nous souhaitons en obtenir. [Rappelons que nous avons pour la pleine échelle de l'EM,  $\Delta v = 6,004 \times 1,498 \text{ mV} = 8,99 \text{ mV}$ . comme le signal de sortie doit être de 4 V pleine échelle, on voit aisément l'importance du gain à réaliser.]

Le montage est analogue à celui utilisé pour la carte des capteurs de température. (cf annexe IV); nous avons donc:

$$v_{s_b} - v_{s_a} = \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot \Delta v = 101,6 \Delta v$$

L'amplificateur opérationnel suivant (LM324 n°2) possède un gain égal à  $\frac{R_4}{R_3} = 4,99$ ; soit en sortie:

$v_s / \text{LM324 (2)} = 507 \cdot \Delta v$ , la fréquence de coupure étant de  $1,45 \text{ Hz}$  ( $R = 49,9 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \mu\text{F}$ ).

L'amplificateur 3 du LM324 permet le réglage de l'offset. (3 monté en sommateur inverseur  $\rightarrow \Delta v < 0$ ), le 4 étant un simple suiveur.

Le gain global est donc de 507.

Le pont délivrant  $1,498 \text{ mV}$  par Volt d'alimentation, nous avons finalement:

$$v_s = 507 \times 1,498 \cdot 10^{-3} \times 6,004 \times \frac{P_{\text{mbar}} - 950}{200}$$

Gain      Sensibilité      Tension d'alimentation du pont      EM. Origine de l'EM.

Soit:

$$v_s = 4,56 \times \frac{P_{\text{mbar}} - 950}{200}$$

La sortie étant limitée à  $4 \text{ V}$ , l'EM ainsi obtenue est comprise entre 950 et 1125 mbar.

\* Identification: elle ne s'impose pas en regard de la lenteur des phénomènes observés.

Annexe VII

---

TRANSFERT DES DONNEES :  
ENREGISTREUR ==> CALCULATEUR

---

# Annexe III

Transfert des données  
Enregistreur MFE => Calculateur

10) Programme "MFEHP1" : Transfert BASIC des données de l'enregistreur MFE vers le calculateur HP

```

10  ! PROGRAMME 'MFEHP1' Sur K7 80-19 et Disque 31
20  ! Transfert BASIC Drive MFE --> Ordinateur HP 35 ou 45
30  OPTION BASE 1
40  DEG
50  DIM L$(15),D$(15),C$(15),I(100)
60  INTEGER A(240,12),Duree(15)
70  ON ERROR GOTO Trait_erreur
80 P1: INPUT "Données Vers disq(F) OU K7(T)",Perif$
90  IF (Perif$<>"F") AND (Perif$<>"T") THEN P1
100 MASS STORAGE IS ":"&Perif$
110 D$=L$=C$="NON DEF"
120 INPUT "Lent(0) ou Rapide(1)",Vit
130 Viti=6
140 IF Viti=1 THEN Viti=24
150 INPUT "No du DISK a charger",K7
160 INPUT "Premier fichier a charger",Fic
170 Ques: INPUT "No du 1er Bloc a lire",Prem
180 INPUT "No du dernier Bloc a lire",Der
190 IF Der>180 THEN Ques

```

Entrée des données de lecture  
- blocs enregistrés sur la cassette (MFE) et de stockage (numéros de fichiers et périphérique de stockage).

```

200 FOR B1=Prem TO Der
210 DISP "Bloc ",B1," Durée en Mn";
220 INPUT Duree(B1)
230 PRINT "Lieu=",L$
240 INPUT "Meme lieu,OUI=1",Rep
250 IF Rep=1 THEN Date
260 INPUT "Nouveau lieu",L$
270 Date: L$(B1)=L$
280 PRINT "Date=",D$
290 INPUT "Meme date,OUI=1",Rep
300 IF Rep=1 THEN Com
310 INPUT "Nouvelle date",D$
320 Com: D$(B1)=D$
330 PRINT "Commentaire:",C$
340 INPUT "Meme commentaire,OUI=1",Rep
350 IF Rep=1 THEN Bcl
360 INPUT "Nouveau commentaire",C$
370 Bcl: C$(B1)=C$
380 NEXT B1

```

Pour chaque bloc d'enregistrement:  
- Entrée des commen-  
- taires (Lieu,  
- Date et Commen-  
- taire).

```
390 INPUT "Impression des donnees:OUI(1),NON(0)",Imp
400 IF Imp=1 THEN PRINTER IS 7,2,WIDTH(260)
```

Impression  
éventuelle  
des données

(phrase de mise au point)

```
410 Lecture: WRITE BIN 2;27,25,27,26 !Rewind et point chargement
420 DISP "Positionnement premier bloc"
430 FOR B1=1 TO Prem
440 WRITE BIN 2;27,7
450 NEXT B1
460 WRITE BIN 2;27,7!Mav Bloc et Mode lecture
```

Initialisa-  
-tion de la  
cassette MFE

```
470 FOR B1=Prem TO Der
480 WRITE BIN 2;27,17
490 Ind=0
500 MAT A=ZER
```

Positionne-  
-ment en  
début de  
bloc et  
initialisa-  
-tion.

*pour chaque  
bloc.*

```
510 FOR Min=1 TO Duree(B1)
520 DISP "Bloc";B1;" Minute:";Min
530 FOR I=1 TO Viti
540 FOR K=1 TO 12
550 ENTER 2;A(I+Viti*Ind,K)
560 NEXT K
570 NEXT I
580 Stockage: Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic)
590 IF Imp=1 THEN GOSUB Impression
600 IF Imp=1 THEN Suite
610 Ind=Ind+1
620 IF (Min=Duree(B1)) OR (Min MOD (10+30*(Viti=0))=0) THEN GOSUB Chargement
630 Suite: NEXT Min
640 WRITE BIN 2;27,19 !FIN Mode lecture
650 IF Imp=1 THEN PRINT
660 NEXT B1
```

*pour chaque  
variable.*

*pour chaque minute :  
24 édh./mn en lent  
et 6 édh./mn en rapide.*



\* Si l'impression des données a été demandée :

```
790 ! *****
800 Impression: FOR I=1 TO Viti
810 FOR J=1 TO 12
820 PRINT USING "#3X,S4D";A(I,J)
830 NEXT J
840 PRINT
850 NEXT I
860 PRINT
870 Fic=Fic+1
880 RETURN
890 ! *****
```

\* Pour chaque bloc :

à l'issue de 10 mn d'enregistrement en mode rapide  
et de 40 mn en mode lent et pour la fin du bloc, si  
celui-ci ne comporte pas un nombre entier de fois 10 mn  
(respectivement 40 mn) :

Stockage sur fichier magnétique HP

interruption  
sur

```
70 ON ERROR GOTO Trait_erreur
```

(cf page suivante)

```
690 ! *****
700 Chargement: DISP "CHARGEMENT ";Nom$
710 CREATE Nom$,46
720 ASSIGN #3 TO Nom$
730 PRINT #3;D$(B1),L$(B1),C$(B1),A(*)
740 ASSIGN #3 TO *
750 Fic=Fic+1
760 Ind=0
770 MAT A=ZER
780 RETURN
790 ! *****
```

```
670 WRITE BIN 2;27,25
680 STOP
```

Rembobinage de la cassette MPE  
et fin.

Routine d'interruption prioritaire, lors du changement des fichiers sur support magnétique, et qui effectue le contrôle des erreurs de l'opérateur.

```

900 Trait_erreur: Erreur=ERRN
910 IF (Erreur(>83) AND (Erreur(>80) THEN Er2
920 BEEP
930 DISP "CHANGER DISK ou K7,Press CONT"
940 PAUSE
950 GOTO Stockage
960 Er2: IF Erreur(>54) THEN Er3
970 PRINT "FICHIER ";Nom$;"Deja existant"
980 INPUT "NOUVEAU No K7",K7
990 INPUT "NOUVEAU Premier Fichier",Fic
1000 GOTO Stockage
1010 Er3:IF Erreur(>64) THEN Er4
1020 PRINT "DISK ouK7 complete,Changer la,Press CONT"
1030 DISP "REGARDEZ ICI-----)"
1040 PAUSE
1050 GOTO Stockage
1060 Er4:DISP ERRM$

```

Il y a ainsi auto-contrôle des erreurs suivantes:

- Disque ou cassette HP mal chargé.
- " " " " protégé à l'écriture.
- " " " " saturé en occupation.
- Tentative d'utilisation d'un nom de fichier déjà employé.

A l'issue du traitement informatique de ces erreurs, il y a retour au stockage:

Reprise de la routine de Stockage.

2°) Programme "MFEHP2" : Transfert ASSEMBLEUR  
(en code SOURCE) des données de l'enregistreur MFE  
vers le calculateur HP

```
10 ! Programme 'MFEHP2' Sur K7 80-19 et Disque 31
20 ! Transfert ASSEMBLEUR Drive MFE ---> Ordinateur HP35 (Assembleur)
30 ! Necessite les ROM Developpement et Execution Assembleur
40 ! Routine Assembleur en CODE SOURCE
```

initialisations identiques au  
programme précédent "MFEHP1"

```
100 ! *****
110 ICOM 0
120 ICOM 1000
130 IASSEMBLE Drive
140 ! *****
```

Préparation de la  
routine assem-  
-bleur :

• nettoyage de la  
mémoire

- ouverture d'un espace de 1 K mots pour le  
programme assembleur
- assemblage du programme assembleur

L'entrée des données de lecture et de stocka-  
-ge est identique au programme précédent  
"MFEHP1"

De même pour l'entrée des commentaires

Pas d'impression de données (mise au  
point effectuée avec le programme Basic).

initialisation de la cassette  
MFE identique (cf 1°)

```
520 FOR B1=Prem TO Der
530 Alpha=Duree(B1) DIV (10+30*(Vit=0))
540 WRITE BIN 2;27,5
```

par contre l'acquisition diffère puisqu'elle s'effectue en assembleur:

pour chaque bloc.

Alphas: nombre entier de fichiers de 10 min en mode rapide et de 40 min en lent.

(fichiers de  $240 \times 12$  données)

Mise en mode lecture à 13600 Bauds

```
550 FOR Min=1 TO Alpha+1
560 IF Min=Alpha+1 THEN GOTO Bide
570 DISP "Bloc";B1;" Minutes";1+(10+30*(Vit=0))*(Min-1);"a";(10+30*(Vit=0))*Min
580 Var=2880
590 GOTO Suite
```

traitement  
fichier par  
fichier:  
2880 don-  
nées:

$$2880 = 240 \times 12 = \text{Var}$$

```
600 Bide: Beta=Duree(B1) MOD (10+30*(Vit=0))
610 IF Beta=0 THEN GOTO Fini
620 DISP "Bloc";B1;" Minutes";1+(10+30*(Vit=0))*(Min-1);"a";Duree(B1)
630 Var=Beta*Viti*12
640 MAT A1=ZER
* 650 Suite: ICALL Enregistrement(A1(*),Var)
660 Stockage: Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic)
* 670 GOSUB Chargement
680 Fic=Fic+1
690 Fini: NEXT Min
700 WRITE BIN 2;27,19 !FIN Mode lecture
710 NEXT B1
```

traitement  
du surplus  
du bloc,  
Beta étant  
le nombre  
de min en  
plus du  
nombre en-  
-tier de fois

10 min en rapide (40 min en lent).  
soit:

$1 < \text{Beta} < 9$  en rapide

$1 < \text{Beta} < 39$  en lent

ou a alors:

$$\begin{aligned} \text{Var} &= \text{Beta} \times 24 \times 12 \text{ en rapide} \\ &= \text{Beta} \times 6 \times 12 \text{ en lent} \end{aligned}$$

\* Appel de la routine de transfert en assembleur:



```
1000 ISOURCE NAM Drive
1010 ISOURCE EXT Get_info,Put_element,Put_value,Print_string,Printer_select,Get_
value
```

Routine  
"Drive"  
déclaration des routines.

```
1020 ISOURCE Valeur:BSS 1
1030 ISOURCE Table:BSS 4
1040 ISOURCE Val_c:DAT 0
1050 ISOURCE Resu:DAT 0
```

réserveation de  
place mémoire.

```
1060 ISOURCE String:DAT 44,"FAIRE-STOP1- ** HP SATURE **
```

en prévision d'amélior-  
gement ultérieurs

```
1070 ISOURCE Offset:BSS 1
1080 ISOURCE Data:BSS 1
1090 ISOURCE Array_info:BSS 30
1100 ISOURCE Var:BSS 1
```

réserveation de  
place mémoire.

```
1110 ISOURCE SUB
1120 ISOURCE Param:INT (*)
1130 ISOURCE Param_var:INT
```

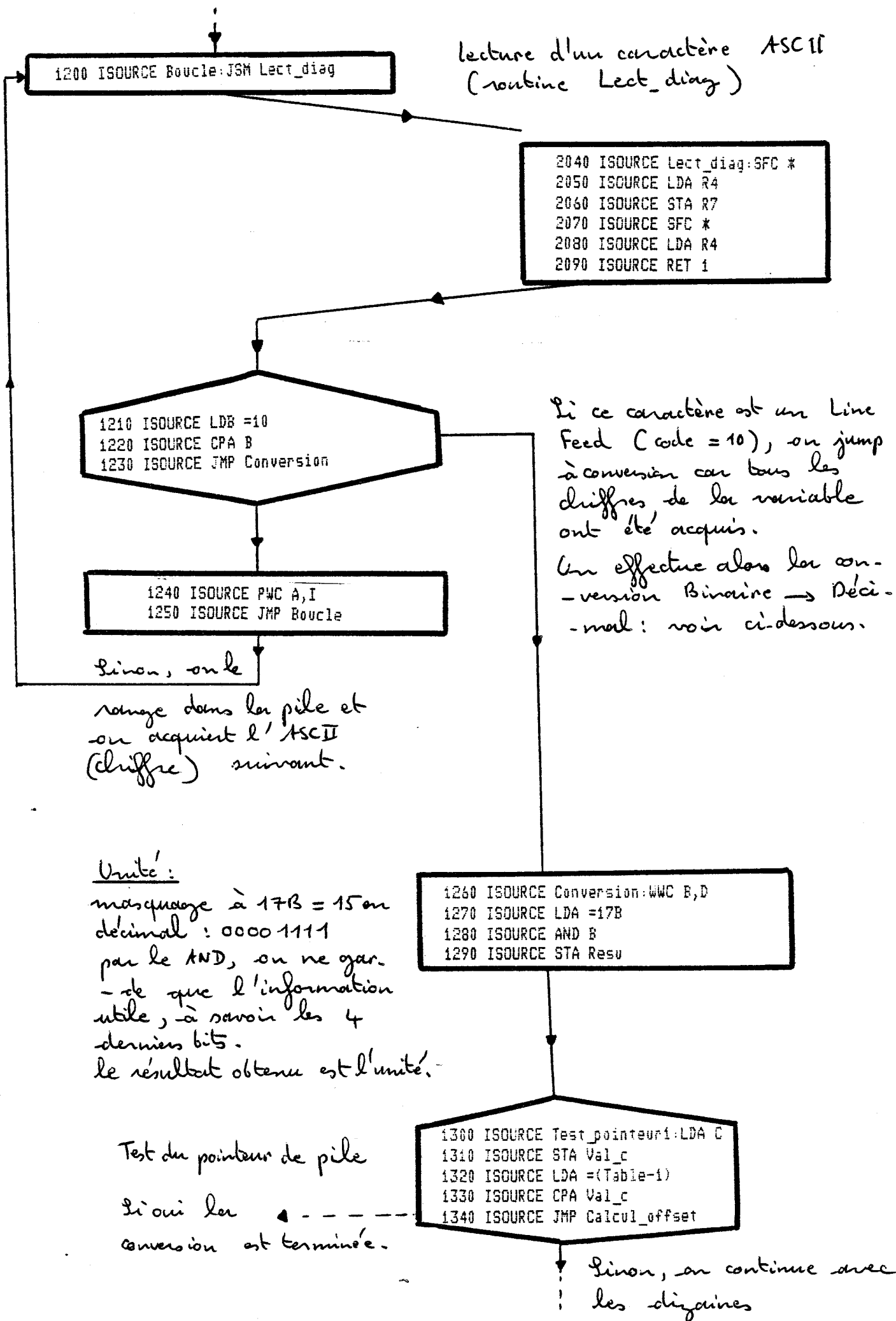
Adressage des variab-  
les utilisées dans  
le base

```
1140 ISOURCE Enregistrement: LDA =2
1150 ISOURCE STA Pa
```

Sélection de l'in-  
terface

```
1160 ISOURCE LDA =(Table-1)
1170 ISOURCE STA C
1180 ISOURCE LDA =0
1190 ISOURCE STA Offset
```

initialisation poin-  
teur de pile et  
objet.



masquage identique:  
ASCII → BCD : extraction  
des 4 bits de poids faible.

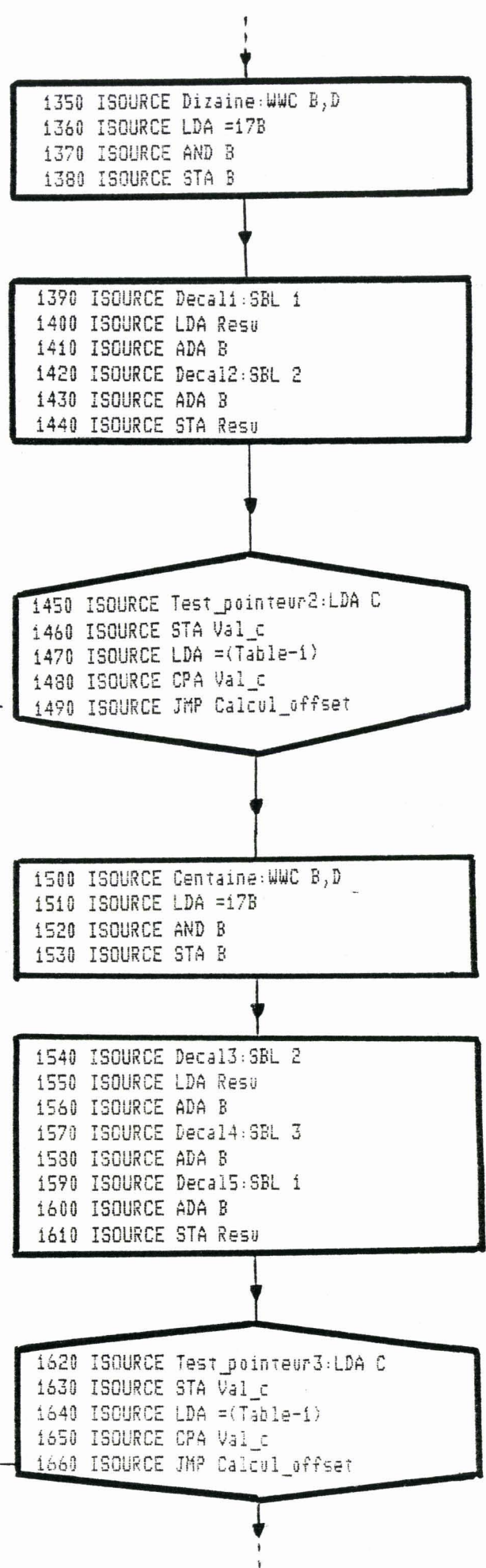
dizaine : code binaire =  
code BCD décalé d'un  
coup à gauche + code  
BCD décalé de 3 coups à  
gauche car  $10 = 2^3 + 2^1$   
(on décale donc de  
1, puis de 2 coups, le  
tout additionné à l'unité).

Test identique du  
pointeur de  
pile

Centaine:  
masquage identi-  
-que à 17B

$100 = 2^6 + 2^5 + 2^2$   
→ décalages à gauche  
de 2, puis de 3, puis de 1  
addition aux précédents  
résultat dans Resu

Test identique du  
pointeur de  
pile



Miller:

marginale in 1713

$$1000 = 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^3$$

→ décalages à gauche  
de 3, puis de 2, puis de 1,  
puis de 1, puis de 1, puis  
de 1  
addition des précédents  
résultats dans Reg.  
-

```

1710 ISOURCE Decal16:SBL 3
1720 ISOURCE LDA Resu
1730 ISOURCE ADA B
1740 ISOURCE Decal17:SBL 2
1750 ISOURCE ADA B
1760 ISOURCE Decal18:SBL 1
1770 ISOURCE ADA B
1780 ISOURCE Decal19:SBL 1
1790 ISOURCE ADA B
1800 ISOURCE Decal11:SBL 1
1810 ISOURCE ADA B
1820 ISOURCE Decal112:SBL 1
1830 ISOURCE ADA B
1840 ISOURCE STA Resu

```

```

1850 ISOURCE Calcul_offset:LDB =Param
1860 ISOURCE LDA =Array_info
1870 ISOURCE JSM Get_info
1880 ISOURCE LDA Offset
1890 ISOURCE STA Array_info+16
1900 ISOURCE LDA =Resu
1910 ISOURCE LDB =Array_info
1920 ISOURCE JSM Put_element
1930 ISOURCE Incrmen_offset: LDA =1
1940 ISOURCE ADA Offset
1950 ISOURCE STA Offset

```

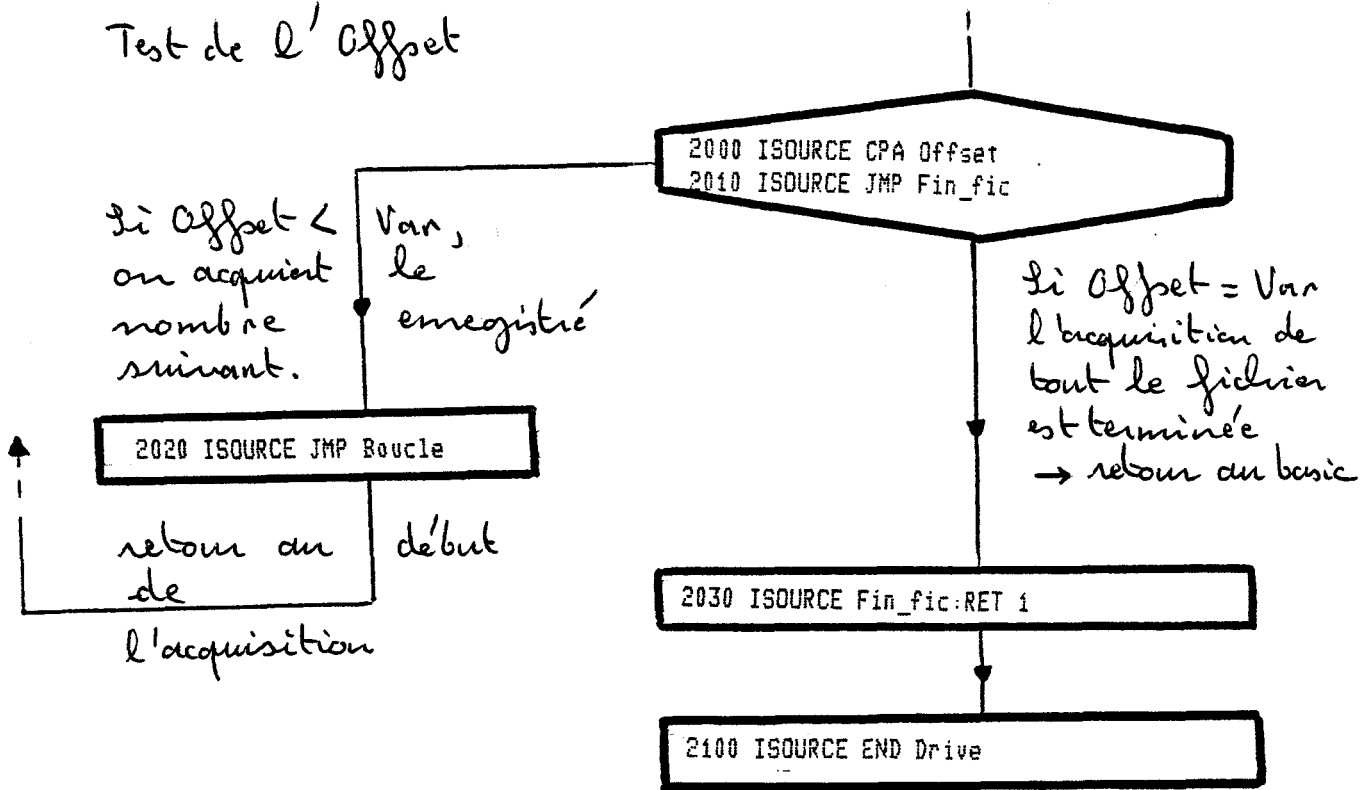
- Utilisation de la routine get\_info (préparation du tableau de transfert)
- chargement de l'offset (l'indice de la variable dans la matrice).
- Appel de la routine put\_element.
- réinitialisation du pointeur de pile et incrémentation de l'offset.

```
1960 ISOURCE LDA =Var
1970 ISOURCE LDB =Param_var
1980 ISOURCE JSM Get_value
1990 ISOURCE LDA Var
```

Routine cet-à-dire :  
nous allons d'abord  
dans le but de  
nombre de mesures  
à transférer (Van)



# Test de l'Offset



\*

```

660 Stockage: Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic)
670 GOSUB Chargement
    
```

Sauvegarde sur support magnétique avec gestion des erreurs de l'opérateur (cf p. 1)

```

740 ! *****
750 Chargement: DISP "CHARGEMENT ";Nom$
760 CREATE Nom$,46
770 ASSIGN #3 TO Nom$
780 PRINT #3;D$(B1),L$(B1),C$(B1),A1(*)
790 ASSIGN #3 TO *
800 RETURN
810 ! *****
    
```

```

680 Fic=Fic+1
690 Fini: NEXT Min
    
```

pour le même bloc, on passe au fichier suivant.

```

700 WRITE BIN 2;27,19 IFIN Mode lecture
710 NEXT B1
    
```

Traitement du bloc suivant

```

720 WRITE BIN 2;27,25
730 STOP
    
```

Rembobinage cassette MFE et fin

3°) Programme "MFEHP3" : Transfert ASSEMBLEUR  
(en code OBJET) des données de l'enregistreur MFE  
vers le calculateur HP.

Le programme est identique au précédent à l'exception de la routine de transfert en assembleur qui est stocké sous la forme d'un fichier en code objet (assemblage déjà effectué).

```
10 ! Programme 'MFEHP3' Sur K7 80-19 et Disque 31
20 ! Transfert ASSEMBLEUR Drive MFE --> Ordinateur HP35 (Assembleur)
30 ! Necessite la ROM Execution Assembleur
40 ! Routine en Assembleur en CODE OBJET
50 ! Sur la meme K7 ou le meme Disque ( Fichier 'ASS1' )
```

Le reste du programme est identique au précédent (cf 2°) à l'exception de la préparation de la routine assembleur qui s'effectue ainsi:

```
110 ! *****
120 ICOM 0
130 ICOM 1000
140 PRINT "Gardez la K7 ou le Disque Programme"
150 INPUT "Programme sur disq(F) ou K7(T)",P$
160 MASS STORAGE IS ":"&P$
170 ILOAD "ASS1"
180 ! *****
```

L'avantage de ce programme est de nécessiter que la présence de la ROM Exécution assembleur, la ROM Développement assembleur étant inutile puisque la partie du programme écrite en assembleur est pré-assemblée dans le fichier "ASS1".

Annexe VIII

SYNOPTIQUE DES MESURES

# Annexe VIII

## Synoptique des mesures

1°) Programme "TRACE" : trace de toutes les données brutes enregistrées.

```

10 ! ***PROGRAMME 'TRACE' ***
20 ! Sur Cassette N° 81/4 ( HP 45 Météo )
30 ! Tracé sur visu graphique de toutes les données brutes
40 ! et Sortie sur imprimante graphique
50 OPTION BASE 1
60 DIM Date$(8),Lieu$(20),Com$(100)
70 DEG
80 PRINT "N'OUBLIEZ PAS DE CHARGER LA CASSETTE DE DONNEES"
90 INTEGER A(240,12)
100 RESTORE
110 DIM Loca(11),Locb(11),Scaa(11),Scab(11),Tic(11),Pen(11),Clipa(11),Clipb(11)
    ,Echa(11),Echb(11),Pas(11),Mult(11),Typ(11)
120 FOR I=1 TO 11
130 READ Loca(I),Locb(I),Scaa(I),Scab(I),Tic(I),Pen(I),Clipa(I),Clipb(I),Echa(I)
    ,Echb(I),Pas(I),Mult(I),Typ(I)
140 NEXT I
150 Type$="Rapide"
160 Sous_div=6
170 Temps=4
180 INPUT "Trace Lent[0] ou Rapide[1]",Rep1
190 IF Rep1=1 THEN Suite
200 Type$="Lent"
210 Sous_div=10
220 Temps=6
230 Suite: INPUT "No de Cassette ou disk",K7
240 INPUT "PREMIER FICHER",Prem
250 INPUT "DERNIER FICHER",Der1

```

Entrée des  
références  
des fichiers:

1 fichier =  
10 mm en  
mode rapi-  
-de et 40  
mm en lent.

```

260 IF Prem=Der1 THEN INPUT "Nombre de minutes a tracer",Duree
270 IF Prem<>Der1 THEN INPUT "Nombre de minutes a tracer(par feuille)",Duree
280 Fici=Prem
290 Impa=1
300 Impb=Duree
310 IF Rep1=0 THEN Duree=Duree/4
320 Der=Prem+Duree/10-1

```

Entrée de  
l'échelle  
des temps  
(si plus  
d'un fichier  
à tracer ré-

- pondre par un multiple de 10 mm  
en rapide et de 40 mm en lent).

```

330 IF Duree MOD 10=0 THEN Suite1
340 Repons=1
350 INPUT "PREMIERE MINUTE",Prmn
360 Drmn=Prmn+Duree+3*(Rep1=0)*Duree-1
370 Impa=Prmn
380 Impb=Drmn
390 Duree=Drmn-Prmn+1
400 Der=Prmn
410 IF Type$="Lent" THEN Duree=Duree/4

```

Si on a demandé  
le tracé d'un seul  
fiducien, possibilité  
de ne tracer qu'une  
partie du fiducien  
et d'effectuer ainsi  
une dilataction de  
l'axe des temps.

```

420 Suite1: Rep=1
430 Deb: PLOTTER IS "GRAPHICS"
440 GRAPHICS
450 LIMIT 0,184,0,149
460 Ar=1
470 PEN 1
480 Trace_axes: FOR I=1 TO 11
490 IF (I=3) OR (I=4) OR (I=10) OR (I=7) OR (I=11) THEN Rien
500 LOCATE Ar*Loca(I),Ar*Locb(I),0,100
510 SCALE Scaa(I),Scab(I),24*Duree,0
520 IF Rep=0 THEN GOTO S5
530 CLIP Clipa(I),Clipb(I),24*Duree,0
540 S5: IF (I=2) OR (I=8) THEN Suite2
550 IF Rep=0 THEN GOTO S1
560 AXES Tic(I),Temps,Scaa(I),0,1,Sous_div,3
570 GOTO S2
580 S1: AXES Tic(I),Temps,Scaa(I),-240,1,Sous_div,3
590 S2: 1
600 Suite2: CSIZE 2
610 LOG 8
620 IF ((I=2) OR (I=8)) AND (Rep<>0) THEN PEN 3
630 IF Rep=0 THEN GOTO S6
640 FOR Grad=Echa(I) TO Echb(I) STEP -Pas(I)
650 MOVE Grad,1.7*Duree
660 IF (I=2) OR (I=8) THEN MOVE Grad,3.1*Duree
670 LDIR 270
680 LABEL Grad*Mult(I)
690 NEXT Grad
700 S6: UNCLIP
710 LOG 8
720 PEN 1
730 Rien: NEXT I
740 IF Rep=0 THEN GOTO S3
750 Xaxes_barre: LOCATE Ar*Loca(7),Ar*Locb(7),0,100
760 SCALE Scaa(7),Scab(7),24*Duree,0
770 CLIP Clipa(7),Clipb(7),24*Duree,0
780 AXES Tic(7),Scab(7),-10,0
790 FOR Grad=Echa(7) TO Echb(7) STEP -Pas(7)
800 MOVE Grad,1.7*Duree
810 LABEL Grad*Mult(7)+950
820 NEXT Grad

```

Pour les 1ère feuille,  
tracé complet des  
axes (à l'accep-  
-tion de l'axe  
central afin d'uti-  
-liser un table-  
tracant graphique  
des feuilles de  
tracé d'axes photo-  
-copiés pour gagner  
du temps, l'axe  
central sert alors  
de repère).  
Inscription des  
étiquettes.  
La discrimination  
de la 1ère feuille  
par rapport aux  
suivantes est dé-  
-terminée par la  
variable Rep  
(Rep = 1 pour la  
1ère feuille, et  
0 pour les suivantes)

```
830 UNCLIP
840 CGIZE 3.3
850 SETGU
860 LORG 1
870 LDIR 270
880 PEN 2
890 MOVE 80,25
900 LABEL USING "K"; "AZT Vr"
910 PEN 3
920 LABEL USING "K"; "VIT Vr"
930 PEN 2
940 MOVE 55,25
950 LABEL USING "K"; "BARO"
960 PEN 3
970 LABEL USING "K"; "LUX"
980 PEN 2
990 MOVE 35,25
1000 LABEL USING "K"; "T.EAU"
1010 PEN 3
1020 LABEL USING "K"; "T.AIR"
1030 PEN 4
1040 LABEL USING "K"; "T.ROSEE"
1050 PEN 2
1060 MOVE 18,25
1070 LABEL USING "K"; "GIR"
1080 PEN 3
1090 LABEL USING "K"; "CAP"
1100 PEN 2
1110 MOVE 7,25
1120 LABEL USING "K"; "Va"
1130 PEN 3
1140 LABEL USING "K"; "Vs"
1150 MOVE 79.3,25
1160 PEN 2
1170 LINE TYPE 1
1180 DRAW 79.3,14
1190 MOVE 76,25
1200 PEN 3
1210 LINE TYPE 3,5
1220 DRAW 76,14
1230 MOVE 54.3,25
1240 LINE TYPE 1
1250 PEN 2
1260 DRAW 54.3,17
1270 MOVE 51,25
1280 LINE TYPE 3,5
1290 PEN 3
1300 DRAW 51,19
1310 MOVE 34.3,25
1320 LINE TYPE 1
1330 PEN 2
1340 DRAW 34.3,15
1350 MOVE 31,25
1360 LINE TYPE 3,5
1370 PEN 3
1380 DRAW 31,15
1390 MOVE 27.6,25
```

Trace des label  
des variables  
et soulignage  
avec le type  
de trait utilisé  
pour les traces  
(trait plein,  
pointillé, alter-  
-né) afin de  
différencier les  
diverses courbes.

(seulement pour  
la série feuille).

```

1400 LINE TYPE 5,.1
1410 PEN 4
1420 DRAW 27.6,10.5
1430 MOVE 17.3,25
1440 LINE TYPE 1
1450 PEN 2
1460 DRAW 17.3,19
1470 MOVE 14,25
1480 LINE TYPE 3,5
1490 PEN 3
1500 DRAW 14,19
1510 MOVE 6.3,25
1520 LINE TYPE 1
1530 PEN 2
1540 DRAW 6.3,21
1550 MOVE 3,25
1560 LINE TYPE 3,5
1570 PEN 3
1580 DRAW 3,21
1590 LINE TYPE 1

```

Suite du soulignement  
des labels  
des variables

(pour la 1<sup>re</sup>  
feuille).

```

1600 DATA 63,123,0,3600,450,2,3600,0,2700,900,900,.1,1
1610 DATA 63,123,0,2000,250,3,2000,0,1500,500,500,.01,3
1620 DATA 11,20,0,3600,900,2,3600,0,2700,900,900,.1,1
1630 DATA 0,9,0,3000,1000,2,3000,0,2000,1000,1000,.01,1
1640 DATA 0,9,0,3000,1000,3,3000,0,2000,1000,1000,.01,3
1650 DATA 11,20,0,3600,900,3,3600,0,2700,900,900,.1,3
1660 DATA 40,61,0,1000,250,2,1000,0,750,250,250,.1,1
1670 DATA 40,61,0,1000,250,3,1000,0,750,250,250,.1,3
1680 DATA 22,38,50,400,50,2,400,50,350,100,50,.1,1
1690 DATA 22,38,50,400,50,3,400,50,350,100,50,.1,3
1700 DATA 22,38,50,400,50,4,400,50,350,100,50,.1,5

```

Zône Data utilisée  
pour le tracé des  
axes.

```

1710 SETGU
1720 PEN 4
1730 MOVE 60*Ar,86
1740 LDIR 270
1750 LABEL USING "K";"Equipe CNRS du Professeur Gabillard"
1760 PEN 1
1770 LIMIT 0,184,0,149
1780 LDIR 270
1790 MOVE 120*Ar,80
1800 LABEL USING "K";"Lieu:"
1810 LABEL USING "K";"Date:"
1820 LABEL USING "K";"Commentaire:"
1830 LABEL USING "K";"Type:"
1840 LABEL USING "K";"Fichier1:"
1850 LIMIT 0,184,0,149

```

Inscriptions pour  
les divers com-  
-mentaires des  
fichiers concernés

(pour la 1<sup>re</sup>  
feuille).

```

1860 S3:1
1870 Yaxe barre:LOCATE Ar*Loca(7),Ar*Locb(7),0,100
1880 SCALE Scaa(7),Scab(7),24*Durée,0
1890 AXES 20,Temps,0,-240,1,Sous_div,3

```

```

1900 IF Type$="Lent" THEN P*mn=(P*mn-1)/4
1910 IF Type$="Lent" THEN D*mn=D*mn/4
1920 IF Type$="Rapide" THEN P*mn=P*mn-1

```

```

1930 FOR Fic=P*mn TO Der
1940 Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic1)
1950 ASSIGN #3 TO Nom$
1960 READ #3:Date$,Lieu$,Com$,A(*)
1970 ASSIGN #3 TO *
1980 Fic1=Fic1+1
1990 IF Fic1>Der1 THEN Flag=1
2000 FOR Var=1 TO 11
2010 LOCATE Loca(Var)*Ar,Locb(Var)*Ar,0,100
2020 SCALE Scaa(Var),Scab(Var),24*Durée,0
2030 PEN Pen(Var)
2040 LINE TYPE Typ(Var),.5
2050 PENUP
2060 IF Repons=1 THEN Index
2070 FOR Ind=1 TO 240
2080 Ind1=Ind
2090 GOTO Suites
2100 Index:FOR Ind=1+24*P*mn TO 24*D*mn
2110 Ind1=Ind-24*P*mn
2120 Suites:1
2130 PLOT A(Ind,Var),Ind1-1+240*(Fic-P*mn)
2140 NEXT Ind
2150 Fin_bcl:PENUP
2160 NEXT Var
2170 LOCATE 0,123*Ar,0,100
2180 SCALE 0,123*Ar,24*Durée,0
2190 LINE TYPE 7
2200 PEN 4
2210 IF Fic1=P*mn THEN B=A(1,12)
2220 IF Repons=1 THEN Index2
2230 FOR Ind=1 TO 240
2240 Ind1=Ind
2250 GOTO Suites
2260 Index2:IF P*mn<>0 THEN B=A(24*P*mn,12)
2270 FOR Ind=1+24*P*mn TO 24*D*mn
2280 Ind1=Ind-24*P*mn
2290 Suites:IF A(Ind,12)<>B THEN GOSUB Evt
2300 B=A(Ind,12)
2310 NEXT Ind
2320 LINE TYPE 1
2330 NEXT Fic

```

Dans tous les cas  
(pour les rû feuille  
et les rû joints),  
l'axe de l'axe  
central des abscisses.  
abscisses des temps  
(cas d'une dilata-  
-tion sur une pen-  
-tion de fiducier).

Pour tous les fiduciers;  
(le nombre de fiduciers  
à reproduire pour  
feuille est déter-  
-miné par le droit  
de l'édelle des  
temps.)  
lecture du fiducier  
considère,  
l'axe des courbes  
(11 variables au  
total)

La 12ème variable  
est le marqueur  
d'événement:  
l'axe d'un trait  
vertical à chaque  
top d'événement  
→ pour programme  
Evt.  
(cf page suivante)



\* Sous programme de marquage en cas d'un top d'évènement.

```
2550 ! ****SOUS PROGRAMME****  
2560 Evt:MOVE 0,Ind1-1+240*(Fic-Prem)  
2570 DRAW 123*Ar,Ind1-1+240*(Fic-Prem)  
2580 PENUP  
2590 RETURN
```

```
2340 SETGU  
2350 IF Rep=0 THEN GOTO S4  
2360 LIMIT 0,184,0,149  
2370 LDIR 270  
2380 PEN 2  
2390 MOVE 120*Ar,55  
2400 LABEL USING "K";Lieu$  
2410 LABEL USING "K";Date$  
2420 LABEL USING "K";Com$  
2430 LABEL USING "K";Type$  
2440 LABEL USING "K";"M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Prem)
```

Inscription des commentaires du fichier (pour la 1<sup>re</sup> feuille).

```
2450 S4:!  
2460 IF Flag=1 THEN S22  
2470 BEEP  
2480 DUMP GRAPHICS  
2490 Rep=0
```

Sortie du tracé sur imprimante graphique.  
Pour le dernier fichier à tracer, Flag=1 (voir tracé des courbes)

```
2500 GOTO Deb
```

Passage aux feuilles suivantes (fichiers successifs suivants). Retour au début du tracé (s'il reste des fichiers à restituer.).

```
2510 S22:DUMP GRAPHICS  
2520 PEN 0  
2530 MOVE 100*RATIO,100  
2540 STOP
```

Sortie sur imprimante du dernier tracé et fin.

## 2°) Programme "METEO" : tracé des "données météo"

Le programme dans sa forme est identique au précédent, sauf que nous ne restituons que les données spécifiquement météorologiques (pression, ensoleillement et températures).

Nous ne reviendrons donc pas sur les parties communes (seul le nombre de boucles de tracé varie ainsi que les dates relatifs à la mise en page).

Nous avons par contre introduit une dilatation possible de l'axe des ordonnées afin de pouvoir observer les fines variations des données enregistrées.

```

10 ! ***PROGRAMME 'METEO' ***
20 ! Sur Cassette N° 81/4 ( HP 45 Météo )
30 ! Tracé sur visu graphique des données météo
40 ! et sortie sur imprimante graphique
50 OPTION BASE 1
60 DIM Date$(8),Lieu$(20),Com$(100)
70 DEG
80 PRINT "N'OUBLIEZ PAS DE CHARGER LA CASSETTE DE DONNEES"
90 INTEGER A(240,12)
100 RESTORE
110 DIM Loca(11),Locb(11),Scaa(11),Scab(11),Tic(11),Pen(11),Clipa(11),Clipb(11)
,Echa(11),Echb(11),Pas(11),Mult(11),Typ(11)
120 FOR I=1 TO 11
130 READ Loca(I),Locb(I),Scaa(I),Scab(I),Tic(I),Pen(I),Clipa(I),Clipb(I),Echa(I)
,Echb(I),Pas(I),Mult(I),Typ(I)
140 NEXT I
150 Type$="Rapide"
160 Sous_div=6
170 Temps=4
180 INPUT "Trace Lent[0] ou Rapide[1]",Rep1
190 IF Rep1=1 THEN Suite
200 Type$="Lent"
210 Sous_div=10
220 Temps=6
230 Suite: INPUT "No de Cassette ou disk",K7
240 INPUT "PREMIER FICHER",Prem
250 INPUT "DERNIER FICHER",Der1
260 INPUT "Nombre de minutes a tracer(par feuille)",Duree
270 Fici=Prem

```

```

280 INPUT "ECHELLE BARO MODIFIEE(OUI=1,NON=0)",Agr
290 IF Agr=0 THEN Normal
300 INPUT "MINI EN PRESSION",Sca1
310 INPUT "PAS DE L'ECHELLE",Pasi
320 Scaa(7)=10*(Sca1-950)
330 Scab(7)=Scaa(7)+30*Pasi
340 Tic(7)=(Scab(7)-Scaa(7))/3
350 Clipa(7)=Scab(7)
360 Clipb(7)=Scaa(7)
370 Echa(7)=Scab(7)-Tic(7)
380 Echb(7)=Scaa(7)+Tic(7)
390 Pas(7)=Tic(7)
400 Normal: !

```

droix (éventuel) de  
l'échelle des pressions:  
le maximum de pres-  
sion est égal au  
minimum choisi +  
3 fois le pas de l'é-  
chelle.

```

410 IF Rep1=0 THEN Duree=Duree/4
420 Der=Prem+Duree/10-1
430 IF Duree MOD 10=0 THEN Suite1
440 IF Type$="Lent" THEN Duree=Duree/4
450 Suite1: Rep=1
460 Deb: PLOTTER IS "GRAPHICS"
470 GRAPHICS
480 LIMIT 0,184,0,149
490 Ar=1
500 PEN 1
510 Trace_axes: FOR I=7 TO 11
520 IF (I=10) OR (I=11) THEN Rien
530 LOCATE Ar*Loca(I),Ar*Locb(I),0,100
540 SCALE Scaa(I),Scab(I),24*Duree,0
550 IF Rep=0 THEN GOTO S5
560 CLIP Clipa(I),Clipb(I),24*Duree,0
570 S5: IF I=8 THEN Suite2
580 IF Rep=0 THEN GOTO S1
590 AXES Tic(I),Temps,Scaa(I),0,1,Sous_div,3
600 GOTO S2
610 S1: AXES Tic(I),Temps,Scaa(I),-240,1,Sous_div,3
620 S2: !
630 Suite2: CSIZE 3
640 LONG 8
650 IF (I=8) AND (Rep<>0) THEN PEN 3
660 IF Rep=0 THEN GOTO S6
670 FOR Grad=Echa(I) TO Echb(I) STEP -Pas(I)
680 MOVE Grad,3*Duree
690 IF I=8 THEN MOVE Grad,5*Duree
700 LDIR 270
710 Ech=Grad*Mult(I)
720 IF I=7 THEN Ech=Ech+950
730 LABEL Ech
740 NEXT Grad
750 S6: UNCLIP
760 LONG 8
770 PEN 1
780 Rien: NEXT I

```

```

790 IF Rep=0 THEN GOTO 93
800 UNCLIP
810 CSIZE 3.3
820 SETGU
830 LONG 1
840 LDIR 270
850 PEN 2
860 MOVE 75,25
870 LABEL USING "K";"BARO"
880 PEN 3
890 LABEL USING "K";"LUX"
900 PEN 2
910 MOVE 50,25
920 LABEL USING "K";"T.EAU"
930 PEN 3
940 LABEL USING "K";"T.AIR"
950 PEN 4
960 LABEL USING "K";"T.ROSEE"
970 MOVE 74.3,25
980 PEN 2
990 LINE TYPE 1
1000 DRAW 74.3,17.5
1010 MOVE 71,25
1020 PEN 3
1030 LINE TYPE 3,5
1040 DRAW 71,19
1050 MOVE 49.3,25
1060 PEN 2
1070 LINE TYPE 1
1080 DRAW 49.3,15
1090 MOVE 46,25
1100 PEN 3
1110 LINE TYPE 3,5
1120 DRAW 46,15
1130 MOVE 42.8,25
1140 PEN 4
1150 LINE TYPE 5,.1
1160 DRAW 42.8,10.5
1170 LINE TYPE 1

```

```

1180 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1190 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1200 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1210 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1220 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1230 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
1240 DATA 62,123,250,1000,250,2,1000,250,750,500,250,.1,1
1250 DATA 62,123,0,750,250,3,750,0,500,250,250,1,3
1260 DATA 0,60,50,300,50,2,300,50,250,100,50,.1,1
1270 DATA 0,60,50,300,50,3,300,50,250,100,50,.1,3
1280 DATA 0,60,50,300,50,4,300,50,250,100,50,.1,5

```

Modification des données  
de mise en page  
des traces.

```
1290 SETGU
1300 PEN 1
1310 LIMIT 0,184,0,149
1320 LDIR 270
1330 MOVE 120*Ar,70
1340 LABEL USING "K";"Lieu:"
1350 LABEL USING "K";"Date:"
1360 LABEL USING "K";"Commentaire:"
1370 LABEL USING "K";"Type:"
1380 LABEL USING "K";"Fichier1:"
1390 LIMIT 0,184,0,149
1400 S3: !
1410 FOR Fic=Prem TO Der
1420 Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic1)
1430 DISP "FICHER:";Nom$
1440 ASSIGN #3 TO Nom$
1450 READ #3;Date$,Lieu$,Com$,A(*)
1460 ASSIGN #3 TO *
1470 Fic1=Fic1+1
1480 IF Fic1>Der1 THEN Flag=1
1490 FOR Var=7 TO 11
1500 LOCATE Loca(Var)*Ar,Locb(Var)*Ar,0,100
1510 SCALE Scaa(Var),Scab(Var),24*Duree,0
1520 LINE TYPE Typ(Var),5*Duree/10
1530 IF Var=11 THEN LINE TYPE Typ(11),Duree/10
1540 PEN Pen(Var)
1550 IF (Var=1) OR (Var=3) OR (Var=6) THEN Angle_trace
1560 FOR Ind=1 TO 240
1570 PLOT A(Ind,Var),Ind-1+240*(Fic-Prem)
1580 NEXT Ind
1590 GOTO Fin_bcl
1600 Angle_trace:A=A(1,Var)
1610 FOR Ind=1 TO 240
1620 IF ABS(A(Ind,Var)-A)<1800 THEN Ok2
1630 PENUP
1640 Ok2:A=A(Ind,Var)
1650 PLOT A,Ind-1+240*(Fic-Prem)
1660 NEXT Ind
1670 Fin_bcl: PENUP
1680 NEXT Var
1690 LOCATE 0,123*Ar,0,100
1700 SCALE 0,123*Ar,24*Duree,0
1710 LINE TYPE 7
1720 PEN 4
1730 IF Fic1-1=Prem THEN B=A(1,12)
1740 FOR Ind=1 TO 240
1750 IF A(Ind,12)<>B THEN GOSUB Evt *
1760 B=A(Ind,12)
1770 NEXT Ind
1780 LINE TYPE 1
1790 NEXT Fic
```

\*

2010 ! \*\*\*\*SOUS PROGRAMME\*\*\*\*  
2020 Evt:MOVE 0,Ind-1+240\*(Fic-Prem)  
2030 DRAW 123\*Ar,Ind-1+240\*(Fic-Prem)  
2040 PENUP  
2050 RETURN

1800 SETCU  
1810 IF Rep=0 THEN GOTO S4  
1820 LIMIT 0,184,0,149  
1830 LDIR 270  
1840 PEN 2  
1850 MOVE 120\*Ar,45  
1860 LABEL USING "K";Lieu\$  
1870 LABEL USING "K";Date\$  
1880 LABEL USING "K";Com\$  
1890 LABEL USING "K";Type\$  
1900 LABEL USING "K";"M"&VAL\$(K7)&"F"&VAL\$(Prem)  
1910 S4:!  
1920 IF Flag=1 THEN S22  
1930 BEEP  
1940 DUMP GRAPHICS  
1950 Rep=0  
1960 GOTO Deb  
1970 S22:DUMP GRAPHICS  
1980 PEN 0  
1990 MOVE 100\*RATIO,100  
2000 STOP



Annexe IX

PROGRAMME DE RESTITUTION DU VENT REEL

## Anexe IX

### Programme de restitution du vent réel

```

10  ! ***PROGRAMME 'VENT' ***
20  ! Sur Cassette N° 81/4 ( HP 45 Métré )
30  ! Tracé du Vent réel au choix : * Restitution brute
40  !                                     * Moyenne glissante
50  !                                     * Filtrage récurent
60  ! Sur visu graphique et Sortie sur imprimante graphique
70  ! OPTION BASE 1
80  DIM Date$(8), Lieu$(20), Com$(100)
90  DEG
100 INTEGER A(240,12), B(320,2), D(240,12), E(320,2)
110 SHORT F(240,2), Filtrat(320)
120 RESTORE
130 DIM Loca(2), Locb(2), Scaa(2), Scab(2), Tic(2), Pen(2), Clipa(2), Clipb(2), Echa(2)
140 FOR I=1 TO 2
150 READ Loca(I), Locb(I), Scaa(I), Scab(I), Tic(I), Pen(I), Clipa(I), Clipb(I), Echa(I)
160 NEXT I
170 Type$="Rapide"
180 Sous_div=6
190 Temps=4
200 INPUT "Trace Lent[0] ou Rapide[1]", Rep1
210 IF Rep1=1 THEN Suite
220 Type$="Lent"
230 Sous_div=10
240 Temps=6
250 Suite: INPUT "No de Cassette ou disk", K7
260 INPUT "PREMIER FICHER", Prem
270 INPUT "DERNIER FICHER", Der1

```

Initialia-  
-tions  
et  
Entrée des  
références  
des fichiers

```

280 INPUT "PES DE NORD(OUI=1, NON=0)", Nord

```

Si le vent  
est autour du  
Nord: • d'une  
part, centrage des échelles sur le Nord  
• d'autre  
part, dans le cas d'un  
filtrage, fil-  
-trage en coordonnées  
cartésiennes.

```

290 INPUT "FILTRAGE(OUI=1, NON=0)", Filtré
300 IF Filtré<1 THEN Input
310 INPUT "FILTRAGE(1) OU MOYENNE GLISSANTE(0)", Fmg
320 IF Fmg=0 THEN INPUT "NOMBRE DE POINTS DE LA MOYENNE GLISSANTE", Pts
330 IF Fmg=1 THEN INPUT "PERIODE DE FILTRAGE EN SECONDES?", T0

```

Entrée du  
traitement  
mathématis-  
-que, méthode:  
données brutes,  
moyenne glissante ou  
filtrage récurent.



```

340 INPUT "Nombre de minutes a tracer(par feuille)",Duree
350 Fic1=Frem
360 INPUT "ECHELLE MODIFIEE(oui=1,non=0)",Agr
370 IF Agr=0 THEN Normal
380 INPUT "MINI EN AZIMUT",Scs1
390 INPUT "MAXI EN AZIMUT",Scb1
400 INPUT "MINI EN VITESSE",Scs2
410 INPUT "MAXI EN VITESSE",Scb2
420 IF Nord=1 THEN Scb1=Scb1+360
430 Scaa(1)=10*Scs1
440 Scab(1)=10*Scb1
450 Scaa(2)=100*Scs2
460 Scab(2)=100*Scb2
470 FOR Q=1 TO 2
480 Tic(Q)=(Scab(Q)-Scaa(Q))/8
490 Clipb(Q)=Scab(Q)
500 Clipb(Q)=Scaa(Q)
510 Echa(Q)=Scab(Q)
520 Echa(Q)=Scaa(Q)+2*Tic(Q)
530 Pas(Q)=2*Tic(Q)
540 NEXT Q
550 Normal: IF (Agr=1) OR (Nord=0) THEN S100
560 Scaa(1)=1800
570 Scab(1)=1800+3600
580 Tic(1)=(Scab(1)-Scaa(1))/8
590 Clipb(1)=Scab(1)
600 Clipb(1)=Scaa(1)
610 Echa(1)=Scab(1)
620 S100: !
630 IF Rep1=0 THEN Duree=Duree/4
640 Den=Frem+Duree/10-1
650 IF Duree MOD 10=0 THEN Suite1
660 IF Type$="lent" THEN Duree=Duree/4

```

doix de l'échelle  
des temps (chiries).  
Nous venons le  
nombre de minutes  
à tracer par feuille,  
les différents  
feuilles portant à  
la suite les uns  
des autres sur in-  
primante graphique  
doix des échelles  
du vent (azimut  
et vitesse).  
centrage autour  
de 0° (360°) dans  
le cas du problème  
Nord.

```

670 Suite1: Rep=1
680 Deb: PLOTTER IS "GRAPHICS"
690 GRAPHICS
700 LIMIT 0,184,0,149
710 Ar=1
720 PEN 1
730 Trace_axes: FOR I=1 TO 2
740 LOCATE Ar*Loca(I),Ar*Locb(I),0,100
750 SCALE Scaa(I),Scab(I),24*Duree,0
760 IF Rep=0 THEN GOTO S5
770 CLIP Clipb(I),Clipb(I),24*Duree,0
780 S5: IF I=2 THEN Suite2
790 IF Rep=0 THEN GOTO S1
800 AXES Tic(I),Temps,Scaa(I),0,1,Sous_div,3
810 GOTO S2
820 S1: AXES Tic(I),Temps,Scaa(I),-240,1,Sous_div,3
830 S2: !

```

Pour la 1<sup>re</sup> feuille:  
trace des axes com-  
plets (chiries  
et ordonnées)

Pour les suivantes:  
trace uniquement  
de l'axe des temps  
puisque les feuilles  
se suivent les uns  
derrière les autres.

```

840 Suite2: CSIZE 3
850 LORG 8
860 IF (I=2) AND (Rep<>0) THEN PEN 3
870 IF Rep=0 THEN GOTO S6
880 FOR Grad=Echa(I) TO Echb(I) STEP -Pas(I)
890 MOVE Grad-60*(Scab(1)-Scaa(1))/3600,3*Duree
900 IF I=2 THEN MOVE Grad-60*(Scab(2)-Scaa(2))/2000*2000/3600,6*Duree
910 LDIR 270
920 Gg=Grad*Mult(I)
930 IF I=2 THEN Ff
940 IF (Nord=1) AND (Gg>360) THEN Gg=Gg-360
950 Ff: LABEL Gg
960 NEXT Grad
970 S6: UNCLIP
980 LORG 8
990 PEN 1
1000 Rien: NEXT I
1010 SCALE 0,2000,24*Duree,0
1020 FOR K=1 TO 3
1030 MOVE 500*Ar*K,0
1040 DRAW 500*Ar*K,24*Duree
1050 NEXT K
1060 PENUP

```

Indication des  
labels d'axes  
(pour la 1<sup>re</sup>  
feuille uni-  
quement)

Tracé de traits  
de repère à  
partir de l'axe  
des ordonnées.

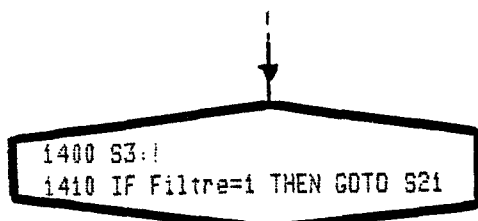
```

1070 IF Rep=0 THEN GOTO S3
1080 UNCLIP
1090 CSIZE 3.3
1100 SETGU
1110 LORG 1
1120 LDIR 270
1130 PEN 2
1140 MOVE 85,25
1150 LABEL USING "K";"AZT Vr"
1160 PEN 3
1170 LABEL USING "K";"VIT Vr"
1180 MOVE 84.3,25
1190 PEN 2
1200 LINE TYPE 1
1210 DRAW 84.3,14
1220 MOVE 81,25
1230 PEN 3
1240 LINE TYPE 3,5
1250 DRAW 81,14
1260 LINE TYPE 1
1270 DATA 0,123,0,3600,450,2,3600,0,3600,900,900,.1,1
1280 DATA 0,123,0,2000,250,3,2000,0,2000,500,500,.01,3
1290 SETGU
1300 PEN 1
1310 LIMIT 0,184,0,149
1320 MOVE 120*Ar,70
1330 LDIR 270
1340 LABEL USING "K";"Lieu:"
1350 LABEL USING "K";"Date:"
1360 LABEL USING "K";"Commentaire:"
1370 LABEL USING "K";"Type:"
1380 LABEL USING "K";"Fichier:"
1390 LIMIT 0,184,0,149

```

Inscription des  
labels de var-  
-riables (pour  
la 1<sup>re</sup> feuille)  
et soulignage  
avec le type  
de trait de  
la courbe cor-  
-respondante  
(trait plein ou  
pointillé) afin  
de différencier  
les deux courbes.

Inscription des  
divers commen-  
-taires (1<sup>re</sup>  
feuille).



Si non

Si l'opérateur n'a demandé ni  
moyenne glissante, ni  
filtrage, du premier  
au dernier fichier censé  
- être, acquisition d'un  
fichier de 240 points de

```

1420 FOR Fic=Prem TO Der
1430 Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic1)
1440 DISP "FICHER:";Nom$
1450 ASSIGN #3 TO Nom$
1460 READ #3;Date$,Lieu$,Com$,A(*)
1470 ASSIGN #3 TO *
1480 MAT D=A
1490 IF Fic1=Prem THEN B=A(1,12)
1500 Fic1=Fic1+1
1510 IF Fic1>Der1 THEN Flag=1
1520 GOTO S20
  
```

mesure,  
soit 10  
mn en  
rapide  
et 40 mn  
en lent,

puis passage au tracé  
de ces données brutes

```

1530 S21:FOR Fic=Prem TO Der
1540 IF Fic1=Prem THEN Spe1
1550 MAT D=A
1560 DISP "FICHER:";Nom$
1570 FOR Var=1 TO 2
1580 FOR I=1 TO 40
1590 B(I,Var)=B(240+I,Var)
1600 NEXT I
1610 FOR I=1 TO 240
1620 B(40+I,Var)=A(I,Var)
1630 NEXT I
1640 NEXT Var
1650 IF Fic1>Der1 THEN Spe2
1660 Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic1)
1670 ASSIGN #3 TO Nom$
1680 READ #3;Date$,Lieu$,Com$,A(*)
1690 ASSIGN #3 TO *
1700 Fic1=Fic1+1
1710 FOR Var=1 TO 2
1720 FOR I=1 TO 40
1730 B(280+I,Var)=A(I,Var)
1740 NEXT I
1750 NEXT Var
1760 GOTO S20
  
```

Chaque fichier comporte 240  
points. Comme dans le cas  
d'une moyenne glissante ou  
d'un filtrage nous avons  
limité à 40 points (avant et  
après le point de mesure) le  
filtrage, il est nécessaire  
pour les 40 premiers points du  
fichier de connaître les  
40 derniers points du fi-  
-chier précédent et pour les  
40 derniers points du fichier  
de connaître les 40 premiers  
points du fichier suivant  
afin d'effectuer un filtra-  
-ge continu.

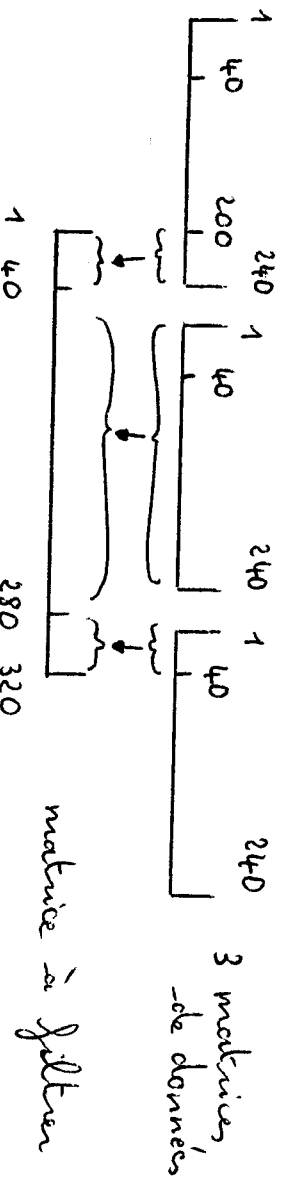
C'est pourquoi (voir début  
du programme), les matrices  
de filtrage ont été dimen-  
-sionnées à 320 (240 +  
40 + 40).

```

1770 Spri:Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic1)
1780 DISP "FICHER: ";Nom$
1790 ASSIGN #3 TO Nom$
1800 READ #3,Date$,Lieu$,Com$,A(*)
1810 ASSIGN #3 TO *
1820 MAT D=A
1830 IF Fic1=Prem THEN B=A(1,12)
1840 Fic1=Fic1+1
1850 FOR Var=1 TO 2
1860 FOR I=1 TO 40
1870 B(I,Var)=A(I,Var)
1880 NEXT I
1890 FOR I=1 TO 240
1900 B(40+I,Var)=A(I,Var)
1910 NEXT I
1920 NEXT Var
1930 IF Der1( )/Prem THEN GOTO 540
1940 FOR Var=1 TO 2
1950 FOR I=1 TO 40
1960 B(280+I,Var)=A(240,Var)
1970 NEXT I
1980 NEXT Var
1990 Flag=1
2000 GOTO 520
2010 S40:Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic1)
2020 ASSIGN #3 TO Nom$
2030 READ #3,Date$,Lieu$,Com$,A(*)
2040 ASSIGN #3 TO *
2050 Fic1=Fic1+1
2060 FOR Var=1 TO 2
2070 FOR I=1 TO 40
2080 B(280+I,Var)=A(I,Var)
2090 NEXT I
2100 NEXT Var
2110 GOTO 520
2120 Spri:Flag=1
2130 FOR Var=1 TO 2
2140 FOR I=1 TO 40
2150 B(280+I,Var)=A(240,Var)
2160 NEXT I
2170 NEXT Var

```

Pour un fichier  
central:



Le filtrage s'effectue donc sur 320 points, et nous ne retiendrons que les 240 points centraux, résultats du filtrage.

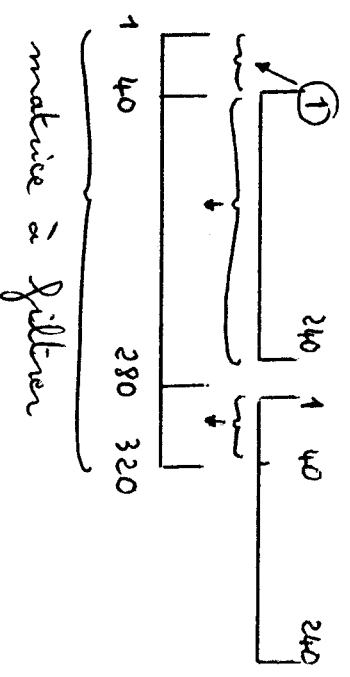
Il est donc nécessaire d'avoir en mémoire 3 fichiers consécutifs: le fichier considéré, l'antérieur et le suivant.

Nous avons donc en lecture toujours un fichier d'avance.

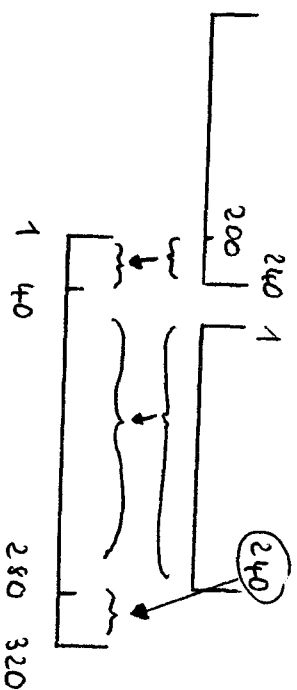
Naturellement, il n'y a pas de fichier antérieur pour le premier fichier et de fichier suivant pour le dernier.

Ainsi cette partie de programme effectuera la lecture des données comme l'indiquent les schémas suivants:

Pour le premier fichier:



Pour le dernier fiduciel :



Dans le cas général, nous avons toujours trois fiduciels en mémoire, mais à chaque itération, nous n'acquiesçons qu'un seul nouveau fiduciel, et nous supprimons en quelque sorte le plus ancien. Le motif est que nous en acquiesçons alors, afin d'en avoir un "d'avance".

```

2180 S20:1
2190 FOR Var=1 TO 2
2200 LOCATE LOCa(Var)*Ar,Locb(Var)*Ar,0,100
2210 SCALE SCa3(Var),ScAb(Var),24*Duree,0
2220 LINE TYPE Typ(Var),Duree/10
2230 PEN Pen(Var)
2240 PENUP

```

Boucle pour les deux variables à tracer (Argument et vitesse).  
Définition de l'échelle des ordonnées, du type et de la couleur du trait.

2250 IF Filtr=1 THEN GOTO Fil

Si filtrage ou moyenne opérante (voir pages suivantes)

Si pas de filtrage trace les données brutes.

```

2260 IF Var=1 THEN S50
2270 FOR Ind=1 TO 240
2280 PLOT A(Ind,Var),Ind-1+240*(Fic-Prem)
2290 NEXT Ind
2300 GOTO S51
2310 S50:IF (NOrd=1) AND (A(1,1)<1800) THEN A(1,1)=A(1,1)+3600
2320 A=A(1,Var)
2330 FOR Ind=1 TO 240
2340 IF (NOrd=1) AND (A(Ind,1)<1800) THEN A(Ind,1)=A(Ind,1)+3600
2350 IF ABS(A(Ind,Var)-A)<900 THEN OK1
2360 PENUP
2370 OK1:A=A(Ind,Var)
2380 PLOT A(Ind,Var),Ind-1+240*(Fic-Prem)
2390 NEXT Ind
2400 S51:1
2410 GOTO S19

```

Pour la premier variable (Var=1)

c'est à dire pour l'azimut, filtrage en coordonnées cartésiennes (Cos et Sin) dans le cas du problème Nord.

filtrage en polaire dans le cas contraire et pour la 2ème variable (vitesse).

2420 Flt: IF (Nord<>1) OR (Var=2) THEN S30

2660 S30:!

2670 GOSUB Filtrage

```

2430 MAT E=B
2440 FOR K=1 TO 2
2450 IF K=1 THEN DISP "FILTRAGE DU COSINUS"
2460 IF K=2 THEN DISP "FILTRAGE DU SINUS"
2470 DEG
2480 FOR I=1 TO 320
2490 IF K=1 THEN B(I,1)=1000*COS(B(I,1)/10)
2500 IF K=2 THEN B(I,1)=1000*SIN(B(I,1)/10)
2510 NEXT I
2520 GOSUB Filtrage
2530 MAT B=E
2540 FOR I=1 TO 240
2550 F(I,K)=Filtrat(I+40)
2560 NEXT I
2570 NEXT K
2580 DEG
2590 FOR I=1 TO 240
2600 IF F(I,1)<>0 THEN Filtrat(I+40)=10*ATN(F(I,2)/F(I,1))
2610 IF F(I,1)=0 THEN Filtrat(I+40)=900
2620 IF F(I,1)<0 THEN Filtrat(I+40)=Filtrat(I+40)+1800
2630 IF (F(I,1)>=0) AND (F(I,2)<0) THEN Filtrat(I+40)=Filtrat(I+40)+3600
2640 NEXT I
2650 GOTO S31
    
```

\* cf routine de filtrage (à la fin)

Reconstitution de l'angle à partir des filtres des Cosinus et Sinus.

```

2680 S31:
2690 IF Var=1 THEN S60
2700 FOR Ind=1 TO 240
2710 PLOT Filtrat(Ind+40), Ind-1+240*(Fic-Prem)
2720 NEXT Ind
2730 GOTO S61
2740 S60: IF (Nord=1) AND (Filtrat(41)<1800) THEN Filtrat(41)=Filtrat(41)+3600
2750 F=Filtrat(41)
2760 FOR Ind=1 TO 240
2770 IF (Nord=1) AND (Filtrat(Ind+40)<1800) THEN Filtrat(Ind+40)=Filtrat(Ind+40)+3600
2780 IF ABS(Filtrat(Ind+40)-F)<900 THEN Ok2
2790 PENUP
2800 Ok2: F=Filtrat(Ind+40)
2810 PLOT Filtrat(Ind+40), Ind-1+240*(Fic-Prem)
2820 NEXT Ind
2830 S61:
    
```

Tracé du résultat du filtrage (240 points centaux: Filtrat(41) à (280))

```
2840 S10:PENUP
2850 NEXT Var
```

*Traitement de la zone variable (identique)*

```
2860 LOCATE 0,123*Ar,0,100
2870 SCALE 0,123*Ar,24*Duree,0
2880 LINE TYPE 7
2890 PEN 4
2900 FOR Ind=1 TO 240
2910 Suite5: IF D(Ind,12)<>B THEN GOSUB Evt
2920 B=D(Ind,12)
2930 NEXT Ind
2940 LINE TYPE 1
```

*Recherche des événements*

*si événement manquant sur le graphique*

```
3390 ! ****SOUS PROGRAMME****
3400 Evt: MOVE 0, Ind-1+240*(Fic-Prem)
3410 DRAW 135*Ar, Ind-1+240*(Fic-Prem)
3420 PENUP
3430 RETURN
3440 STOP
```

```
2950 NEXT Fic
```

*Si plusieurs fichiers sur la même feuille (dépend de l'échelle des temps), passage au fichier suivant.*

```
2960 SETGU
2970 IF Rep=0 THEN GOTO S4
2980 LIMIT 0,184,0,149
2990 PEN 2
3000 LDIR 270
3010 MOVE 120*Ar,45
3020 LABEL USING "K";Lieu$
3030 LABEL USING "K";Date$
3040 LABEL USING "K";Com$
3050 LABEL USING "K";Type$
3060 LABEL USING "K";"M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Prem)
```

*Inscription des commentaires (pour la première feuille).*

```

3070 S4: IF (Filtre=1) AND (Flag=1) AND (Rep=0) THEN GOTO S22
3080 IF (Filtre=1) AND (Rep=0) THEN GOTO S25
3090 IF (Filtre<>1) AND (Flag=1) THEN GOTO S22
3100 IF (Filtre<>1) AND (Flag<>1) THEN GOTO S25
3110 PEN 1
3120 DEG
3130 LDIR 270
3140 MOVE 10,85
3150 IF Fmg=1 THEN Ins
3160 LABEL USING "K,6X,K"; "Moyenne Glissante: "; "Sec"
3170 PEN 3
3180 MOVE 10,48
3190 Sec=(2*P1s+1)*2.5*(1+3*(Rep1=0))
3200 LABEL USING "DDD.D"; Sec
3210 GOTO Inss
3220 Ins: !
3230 LABEL USING "K,5X,K"; "Periode de filtrage: "; "sec"
3240 PEN 3
3250 MOVE 10,44
3260 LABEL USING "DDD"; T0
3270 Inss: !

```

Pour la première  
feuille:  
- inscription éen-  
- tuelle du trai-  
- tement mathé-  
- matique effectué.

```

3280 IF (Rep=1) AND (Flag=1) THEN S22

```

Li dernier fichier  
de la dernière  
feuille

```

3290 S25: !
3300 BEEP
3310 DUMP GRAPHICS
3320 Rep=0

```

Sortie sur  
imprimante  
graphique

passage aux feuilles suivantes

```

3330 GOTO Deb

```

Sortie sur imprimante  
graphique de la dernière  
feuille et fin du  
programme.

```

3340 S22: DUMP GRAPHICS
3350 LIMIT 0,184,0,149
3360 PEN 0
3370 MOVE 100*RATIO,100
3380 STOP

```

Nous donnons page suivante la routine de  
filtrage.



# \* Routine de filtrage:

3450 Filtrage: IF Fmg=1 THEN Filtre

moyenne glissante

filtre  
numérique  
récurrent

```
3460 ! *****
3470 Moyennage: !
3480 MAT Filtrat=ZER
3490 I1=2*Pts+1
3500 FOR L=1 TO 240
3510 IF L(>)1 THEN Sui1
3520 Aux=0
3530 FOR M=1 TO I1
3540 Aux=Aux+B(38+L-Pts+M,Var)
3550 NEXT M
3560 GOTO Sui2
3570 Sui1: Aux=Aux-B(38+L-Pts,Var)+B(38+L-Pts+I1,Var)
3580 Sui2: Filtrat(L+40)=Aux/I1
3590 NEXT L
3600 RETURN
3610 ! *****
```

I<sub>1</sub> nombre  
total de  
points.

Pour le  
premier  
point, nous  
calculons  
la somme  
totale,  
pour les  
points  
suivants,

il suffit d'ajouter le nouveau  
point et de retrancher le plus  
ancien de la somme.

Puis retour au programme  
principal.

```
3620 Filtre: !
3630 INTEGER N,Nbp,Data
3640 T=2.5!PERIODE D'ECHANTILLONNAGE
3650 Fe=1/T
3660 REAL C(40)
3670 MAT Filtrat=ZER
3680 Nbp=320!NB DE POINTS
3690 Data=Var!NO DE VARIABLE
3700 Fc=1/T0!FREQUENCE DE COUPURE
3710 IF Rep1(>)1 THEN Fc=4*Fc
3720 N=MIN(INT(Fc/(2*Fc)),40)!ORDRE DE RECURRENCE
3730 D=.005!LARGEUR DE COUPURE (HERTZ)
```

Initialisations.  
Caractéristiques du  
filtrage effectué.

3740 GOSUB Coefficient

Appel du sous-programme de calcul des coefficients  $A'_i$  ( $= A\phi$  et  $C(I)$  dans le programme).

Rappelons (cf chapitre I.54) que les coefficients de filtrage ont pour valeur: ( $\omega_c = \omega_c$  dans le programme)

$i=0$ :

$$A'_0 (= A\phi) = \left(\omega_c + \frac{D}{2}\right) \frac{T}{\pi}$$

$iTD = \pi$ :

$$A'_i (= C(I)) = \frac{\cos(iTD\omega_c)}{4i}$$

$iTD \neq \pi$ :

$$A'_i (= C(I)) =$$

$$= \frac{\pi}{i(\pi^2 - i^2 T^2 D^2)} \times \sin(iT(\omega_c + \frac{D}{2})) \times \cos(\frac{iTD\omega_c}{2})$$

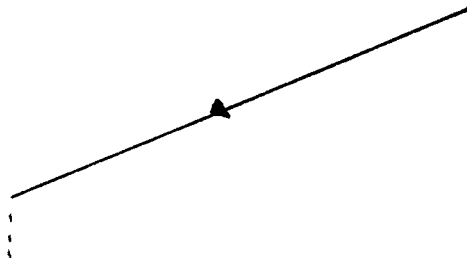
et:

$$A_i = A'_i - \left[ 1 - \sum_{i=-N}^N A'_i \right] / (2N+1)$$

(voir suite)

```

4020 ! *****
4030 Coefficient:
4040 DISP "Calcul Coefficient"
4050 RAD
4060 X0=2*PI*Fc
4070 D=2*PI*D
4080 A0=(X0+D/2)*T/PI
4090 U=V=0
4100 FOR I=1 TO N
4110 IF I*T*D-PI=0 THEN Sui
4120 C(I)=SIN(I*T*(X0+D/2))*COS(I*T*D/2)
4130 C(I)=C(I)*PI/(I*(PI^2-(I*T*D)^2))
4140 GOTO Sui
4150 Sui: C(I)=COS(I*T*X0)/(4*I)
4160 Sui: U=U+2*C(I)
4170 NEXT I
4180 L=(A0-1+U)/(1+2*N)
4190 RETURN
    
```



```

3750 DISP "FILTRAGE"
3760 Recurrence: Filtrat(1)=B(1,Data)
3770 Filtrat(Nbp)=B(Nbp,Data)
3780 FOR I=2 TO Nbp-1
3790 IF I=N+1 THEN Sup
3800 M=I-1
3810 GOTO Next
3820 Sup: IF I<=Nbp-N THEN Inf
3830 M=Nbp-I
3840 Next: U=A0
3850 FOR I1=1 TO M
3860 U=U+2*C(I1)
3870 NEXT I1
3880 L1=(U-1)/(1+2*M)
3890 Somme: Y=B(I,Data)*(A0-L1)
3900 FOR J=1 TO M
3910 Y=Y+(B(I-J,Data)+B(I+J,Data))*(C(J)-L1)
3920 NEXT J
3930 GOTO Fin
3940 Inf: L1=L
3950 M=N
3960 GOTO Somme
3970 Fin: Filtrat(I)=Y
3980 NEXT I
3990 DEG
4000 RETURN
4010 STOP

```

Calcul de:

$$\sum_{i=-N}^N A'_i = 2 \sum_{i=1}^N A'_i + A'_0$$

(symétrie)

(ici  $A'_0 = A\phi$ )

Calcul de:

$$\sum_{i=-N}^N A_i M(t_0 + iT)$$

$$= \sum_{i=1}^N A_i (M(t_0 + it) + M(t_0 - it)) + A_0 M(t_0)$$

(compte tenu de la symétrie)

Dans le cas, où l'on ne dispose pas d'un nombre suffisant de points pour le filtrage (aux extrémités du fichier), les différents  $A'_i$  sont pris égaux à  $A'_0$ , ce qui entraîne une discontinuité du filtrage, mais ce n'est pas gênant puisqu'on ne garde que les points centraux du résultat du filtrage.

Rien retour au programme principal.

Annexe X

PROGRAMME DE MESURE DU COURANT

Annexe XProgramme de mesure du courant

```

10 ! Programme 'COURAN'
20 ! Sur Cassette N° 81/4 ( HP 45 Météo )
30 ! Calcul du courant moyen sur une boucle parcourue par la vedette
40 OPTION BASE 1
50 DEG
60 INTEGER A(240,12)
70 DIM Date$(8),Lieu$(20),Com$(100)
80 INPUT "K7",K7
90 INPUT "FICHIER",Fic

```

Initialisations  
et entrée des  
références du  
fichier conte-  
nant l'enne-  
gistrement.

```

100 Nom$="M"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic)
110 ASSIGN #3 TO Nom$
120 READ #3;Date$,Lieu$,Com$,A(*)
130 ASSIGN #3 TO *

```

Lecture du  
fichier con-  
sidéré.

```

140 Q=A(1,12)
150 FOR I=2 TO 240
160 IF A(I,12)=A(I-1,12) THEN 190
170 IF A(I,12)=Q+1 THEN I1=I
180 IF A(I,12)=Q+2 THEN I2=I
190 NEXT I

```

Localisation  
temporelle des  
deux bps en-  
registrés.

(rappelons que  
le premier est marqué au départ de la  
bouée et le deuxième au retour).

```

200 X=0
210 Y=0
220 FOR I=I1 TO I2
230 X=A(I,5)*SIN(A(I,6)/10)+X
240 Y=A(I,5)*COS(A(I,6)/10)+Y
250 NEXT I

```

$A(I,5)$  est la  
vitesse expri-  
mée en cen-  
tièmes de  
noeud,  $A(I,6)$

l'angle compas exprimé en dixièmes  
de degré: lors du calcul de  
l'azimut du courant on tiendra  
compte du fait que le compas  
est en sens inverse trigonométrique  
et décalé de  $90^\circ$  à l'origine.

Nous calculons ainsi la somme des projections  
du vecteur vitesse sur les  $(I_2 - I_1)$  eduan-  
-tilons.

```

260 K=ATN(X/Y)
270 IF (X)=0) AND (Y<=0) OR (X<=0) AND (Y<=0) THEN K=K+180
280 IF (X<=0) AND (Y)=0) THEN K=K+360

```

Calcul de l'argument de  
du courant (en tenant  
compte des remarques  
précédentes concernant le cap).

```

290 PRINTER IS 7,2
300 PRINT "*****"
310 PRINT "Fichier : ";Nom$
320 PRINT "Date : ";Date$
330 PRINT "Lieu : ";Lieu$
340 PRINT "Commentaire : ";Com$
350 PRINT "-----"
360 PRINT "Top1 : ";I1
370 PRINT "Top2 : ";I2
380 PRINT
390 K=PRUND(K,0)
400 PRINT "Azimuth courant : ";K;" degrés"
410 V=ABS(X/(100*SIN(K)*(I2-I1)))
420 V=PRUND(V,-2)
430 PRINT "Vitesse courant : ";V;" noeuds"
440 PRINT "*****"
450 END

```

Calcul de la vitesse  
du courant et im-  
-pression des re-  
-sultats.

Annexe XI

---

PROGRAMME DE RESTITUTION  
DE LA TRAJECTOIRE

---

# Annexe XI

## Programme de restitution de la trajectoire

```

10  ! PGM: "TRAJEC"
20  ! Sur Disque N° 31
30  ! TRACE DE LA TRAJECTOIRE DE LA VEDETTE
40  ! SUR 18 FICHIERS MAX (SOIT UNE K7 MFE)
50  FIXED 0
60  DEG
70  OPTION BASE 1
80  DIM Date$(8), Lieu$(20), Com$(100)
90  INTEGER T(240,12), B(4320,2), C(240,2), D(9)
100  INTEGER X1(4320), Y1(4320)
110  INPUT "ENREGISTREMENT LENT(0) OU RAPIDE(1)?", Len
120  Mult=1
130  IF Len=0 THEN Mult=4
140  INPUT "NO DE K7?", H
150  INPUT "NO DU FICHIER DE DEBUT PARCOURS", N
160  INPUT "nbre DE FICHIERS A TRAITER", N9
170  INPUT "NO DU PREMIER TOP", Top
180  INPUT "NO DU DERNIER TOP", Topfin
190  INPUT "DECLINAISON (W:-;E:+)", Decl

```

Initialisation  
- tions  
et  
Entree des  
references  
des fiducies  
de données

premier. et dernier événements.

```

200  Plotter: PLOTTER IS 7,5, "9872A"
210  LIMIT 1,197,1,266
220  SCALE 0,5256,0,7200

```

Définition  
des échelles.  
Mise à

l'échelle des cartes marines.

```

230  PEN 4
240  PRINT "POSITIONNER LA PLUME, PUIS APPUYER SUR LA TOUCHE 'ENTER' DE LA TRACAN
TE "
250  DIGITIZE X0,Y0

```

point de départ (correspondant au  
premier événement).

```

260  A=0
270  B=0

```

Initialisation  
- tion de ce  
point de dé-  
part.



```

280 FOR J=1 TO N9
290 Nom$="M"&VAL$(H)&"F"&VAL$(N-1+J)
300 DISP "CHARGEMENT DU FICHIER:";Nom$
310 ASSIGN #3 TO Nom$
320 BUFFER #3
330 READ #3;Date$,Lieu$,Com$,T(*)
340 IF J=1 THEN Comp=T(1,12)-170
350 FOR I=1 TO 240
360 C(I,1)=T(I,6)+Dec1
370 C(I,2)=T(I,5)
380 B(I+240*(J-1),1)=T(I,1)
390 B(I+240*(J-1),2)=T(I,2)
400 Y=.025*Mult*C(I,2)*COS(C(I,1)/10)
410 X=.025*Mult*C(I,2)*SIN(C(I,1)/10)
420 A=A+X
430 B=B+Y
440 X1(I+240*(J-1))=A
450 Y1(I+240*(J-1))=B
460 IF T(I,12)-170=Comp THEN Sui
470 K=T(I,12)-170
480 IF K<0 THEN GOTO Sui
490 D(K)=I+240*(J-1)
500 Sui:Comp=T(I,12)-170
510 NEXT I
520 ASSIGN #3 TO *
530 NEXT J

```

du premier au dernier fichier de données à considérer:

- lecture du fichier
- mise en mémoire sous la forme d'une seule matrice B de l'Azimut et de la Vitesse du vent réel.
- détermination de la position de la vedette en tenant compte de la déclinaison et du fait que le cap est donné en sens inverse trigonométrique et décalé de 90° à l'origine.
- mise en mémoire de l'indice courant  $[I + 240 \times (J - 1)]$  pour lequel il y a des événements (en particulier pour le premier et le dernier).

```

540 I1=D(Top)
550 I2=D(Topfin)
560 Auxx=X1(I1)
570 Auxy=Y1(I1)
580 FOR I=I1 TO I2
590 X1(I)=X1(I)-Auxx+X0
600 Y1(I)=Y1(I)-Auxy+Y0
610 PLOT X1(I),Y1(I)
620 NEXT I
630 PENUP

```

Pour tous les points de la trajectoire situés entre les premiers et derniers événements, correction à partir de la position de départ digitalisée.

Trace de la trajectoire.

```

640 LONG 5
650 PEN 3
660 FOR K=Top TO Topfin
670 P=D(K)
680 MOVE X1(P),Y1(P)
690 LABEL USING "K"; "*"
700 NEXT K

```

Marquage des événements enregistrés par l'intermédiaire d'une astérisque sur la trajectoire

```

710 PEN 3
720 CSIZE 2
730 FOR I=I1 TO I2 STEP 120
740 L=(I-I1)/24
750 MOVE X1(I),Y1(I)
760 LABEL USING "DDD";L
770 PENUP
780 NEXT I

```

Inscription toutes les 5 minutes du temps écoulé (sur la trajectoire) à partir du temps zéro du premier événement.

```

790 PEN 2
800 FOR I=I1+60 TO I2-60 STEP 120
810 CSIZE 3
820 LORG 5
830 Az=0
840 Vt=0
850 FOR K=1 TO 9
860 Az=B(I-5+K,1)+Az
870 Vt=B(I-5+K,2)+Vt
880 NEXT K
890 Az=Az/90+Decl
900 Vt=Vt/900
910 IF (Vt<10) AND (I=I1+60) THEN Coef=54
920 IF (Vt=10) AND (I=I1+60) THEN Coef=27
930 MOVE X1(I),Y1(I)
940 Alpha=-Az-90
950 IF Alpha<0 THEN Alpha=Alpha+360
960 LDIR Alpha
970 Long=Coef*Vt
980 LABEL USING "K";""
990 PLOT X1(I),Y1(I)
1000 PDIR Alpha
1010 IPLOT -Long,0
1020 LDIR 0
1030 CSIZE 1.5
1040 LORG 7
1050 LABEL USING "DDD";Az
1060 LABEL USING "DD.D";Vt
1070 NEXT I

```

Calcul à intervalles de temps réguliers (toutes les cinq minutes) du vent rencontré par la redette : moyennage sur 9 échantillons (soit 22,5 sec.) afin de filtrer les points aberrants.

Tracé d'une flèche représentant ce vent de direction l'azimut (de même inversion du sens trigonométrique et décalage de 90° à l'origine) et de longueur proportionnelle à la vitesse du vent (avec deux coefficients de proportionnalité suivant que le vent est faible (inférieur à 10 nœuds) ou fort (supérieur à 10 nœuds)).

Inscription à l'extrémité de la flèche des valeurs de l'azimut et de la vitesse du vent réel.

```
1080 IF Coef=0 THEN Pas
1090 PDIR 0
1100 LDIR 0
1110 MOVE 1000,50
1120 CSIZE 3
1130 LORG 8
1140 LABEL USING "K","Ech Ut: "
1150 MOVE 1000,50
1160 LORG 5
1170 LABEL USING "K","I"
1180 PLOT 1000,50
1190 PLOT 1000+5*54,50
1200 LABEL USING "K","I"
1210 MOVE 1000+5*Coef,50
1220 LORG 2
1230 IF Coef=54 THEN LABEL USING "K"," 5 nd"
1240 IF Coef=27 THEN LABEL USING "K"," 10 nd"
1250 MOVE 272,200
1260 LABEL USING "K","Distance: 13 cm = 1 Mille"
1270 Pas:LIMIT 0,400,0,280
1280 PEN 0
1290 MOVE 100*RATIO,100
1300 END
```

Inscription des échelles du  
tracé :

- échelle géographique
- échelle de la vitesse  
du vent.

Rangement des plumes de  
la table traversante et fin.

Annexe XII

PROGRAMME DE SUIVI DE  
PLANCHES A VOILE

# Annexe XII

## Programme de suivi de planches à voile

Programme identique dans sa forme au précédent (annexe XI) - Indications en plus des performances réutilisées.

```

10 ! PGME:"SUIVI2"
20 ! Sur Disque N° 31
30 ! TRACE DE LA TRAJECTOIRE DE LA VEDETTE
40 ! SUR 18 FICHIERS MAX (SOIT UNE K7 MFE)
50 ! SUR TABLE TRACANTE
60 ! LORS DE SUIVI DE PLANCHES A VOILE
70 ! AVEC MOYENNAGE DE LEURS PERFORMANCES
80 FIXED 0
90 DEG
100 OPTION BASE 1
110 DIM Date$(81),Lieu$(201),Com$(1001)
120 INTEGER T(240,12),B(2160,5),C(240,2),D(9)
130 INTEGER X1(2160),Y1(2160)
140 INPUT "ENREGISTREMENT LENT(0) OU RAPIDE(1)?",Len
150 Mult=1
160 IF Len=0 THEN Mult=4
170 INPUT "NO DE K7?",H
180 INPUT "NO DU FICHIER DE DEBUT PARCOURS",N9
190 INPUT "nbre DE FICHIERS A TRAITER",N9
200 INPUT "NO DU PREMIER TOP",Top
210 INPUT "NO DU DERNIER TOP",Topfin
220 INPUT "DECLINAISON (W:-,E:)",Decl
230 Decl=10*Decl

```

initialisa-  
- tions iden-  
- tiques.

```

240 INPUT "Agrandissement(OUI=1, NON=0)",Agr

```

Effet de  
loupe (x4)  
au choix de l'utilisateur.

```

250 Plotter: PLOTTER IS 7,5,"9872A"
260 LIMIT 1,197,1,266
270 SCALE 0,5256/(1+3*(Agr=1)),0,7200/(1+3*(Agr=1))

```

Mise à  
l'échelle en  
tenant compte  
éventuellement de l'effet de loupe

```

280 PEN 3
290 PRINT "POSITIONNER LA PLUME, PUIS APPUYER SUR LA TOUCHE 'ENTER' DE LA TRACAN  
TE "
300 DIGITIZE X0,Y0

```

Digitalisation  
du point  
de départ

```
310 A=0
320 B=0
```

```
330 FOR J=1 TO N9
340 Nom$="M"&VAL$(H)&"F"&VAL$(N-1+J)
350 DISP "CHARGEMENT DU FICHIER:";Nom$
360 ASSIGN #3 TO Nom$
370 BUFFER #3
380 READ #3;Date$,Lieu$,Com$,T(*)
390 IF J=1 THEN Comp=T(1,12)-170
400 FOR I=1 TO 240
410 C(I,1)=T(I,6)+Decl
420 C(I,2)=T(I,5)
430 B(I+240*(J-1),1)=T(I,1)
440 B(I+240*(J-1),2)=T(I,2)
450 B(I+240*(J-1),3)=ABS(T(I,1)-T(I,6))
460 Rem=B(I+240*(J-1),3)
470 B(I+240*(J-1),4)=ABS(T(I,5)*COS(Rem/10))
480 B(I+240*(J-1),5)=T(I,5)
490 Y=.025*Mult*C(I,2)*COS(C(I,1)/10)
500 X=.025*Mult*C(I,2)*SIN(C(I,1)/10)
510 A=A+X
520 B=B+Y
530 X1(I+240*(J-1))=A
540 Y1(I+240*(J-1))=B
550 IF T(I,12)-170=Comp THEN Sui
560 K=T(I,12)-170
570 IF K<0 THEN GOTO Sui
580 D(K)=I+240*(J-1)
590 Sui:Comp=T(I,12)-170
600 NEXT I
610 ASSIGN #3 TO *
620 NEXT J
```

```
630 I1=D(Top)
640 I2=D(Topfin)
650 Auxx=X1(I1)
660 Auxy=Y1(I1)
670 FOR I=I1 TO I2
680 X1(I)=X1(I)-Auxx+X0
690 Y1(I)=Y1(I)-Auxy+Y0
700 PLOT X1(I),Y1(I)
710 NEXT I
720 PENUP
730 LORG 5
740 PEN 4
750 FOR K=Top TO Topfin
760 P=D(K)
770 MOVE X1(P),Y1(P)
780 LABEL USING "K";"*"
790 NEXT K
```

Initialisations du point de départ

Pour tous les fichiers concernés:  
partie de programme identique  
au précédent (cf Annexe II)  
avec en particulier mise  
en mémoire de:

- B(\*, 1): azimut du vent réel
- B(\*, 2): vitesse .. ..

Mais nous enregistrons de plus  
les performances réalisées par  
la planche à voile:

- B(\*, 3): angle de remon-  
- tée au vent
- B(\*, 4): vitesse de remon-  
- tée au vent
- B(\*, 5): vitesse

Partie identique au  
programme précédent  
(cf annexe II)

```

800 PEN 2
810 CSIZE 2
820 Dir=ATN((Y1(I2)-Y1(I1))/(X1(I2)-X1(I1)))
830 IF X1(I2)-X1(I1)<0 THEN Dir=Dir+90
840 IF (Y1(I2)-Y1(I1))>0 AND (X1(I2)-X1(I1))>0 THEN Dir=Dir+270
850 IF (Y1(I2)-Y1(I1))<0 AND (X1(I2)-X1(I1))>0 THEN Dir=Dir+180
860 LDIR Dir

```

```

870 FOR I=11 TO 12 STEP 24+24*(Agr=0)
880 L=(I-11)/24
890 MOVE X1(I),Y1(I)
900 LABEL USING "DDD",L
910 PENUP
920 NEXT I

```

```

930 PEN 1
940 FOR I=11+6+6*(Agr=1) TO 12-6-6*(Agr=0) STEP 12+12*(Agr=0)
950 CSIZE 3
960 LORG 5
970 Az=0
980 Vit=0
990 Ang1=0
1000 Vmg=0
1010 Vit=0
1020 FOR K=1 TO 5
1030 Az=B(I-3+K,1)+Az
1040 Vit=B(I-3+K,2)+Vit
1050 Ang1=B(I-3+K,3)+Ang1
1060 Vmg=B(I-3+K,4)+Vmg
1070 Vit=B(I-3+K,5)+Vit
1080 NEXT K
1090 Az=Az/50+Dec1/10
1100 Vit=Vit/500
1110 Ang1=Ang1/50
1120 Vmg=Vmg/500
1130 Vit=Vit/500
1140 IF (Vit<10) AND (I=11+6+6*(Agr=0)) THEN Coef=54/(1+3*(Agr=1))
1150 IF (Vit=10) AND (I=11+6+6*(Agr=0)) THEN Coef=27/(1+3*(Agr=1))
1160 MOVE X1(I),Y1(I)
1170 Alpha=-Az-90
1180 IF Alpha<0 THEN Alpha=Alpha+360
1190 LDIR Alpha
1200 Long=Coef*Vit
1210 LABEL USING "K",""
1220 PLOT X1(I),Y1(I)
1230 PDIR Alpha
1240 IPLOT -Long,0
1250 LORG 1
1260 CSIZE 1.5
1270 LDIR Dir
1280 LABEL USING "DDD",Az
1290 LABEL USING "D.D",Vit
1300 LABEL USING "DDD",Ang1
1310 LABEL USING "D.D",Vmg
1320 LABEL USING "D.D",Vit
1330 NEXT I

```

Calcul de la direction fournie par les 2 temps  
En principe lorsque nous le vent et au vent)  
→ Dir: sens d'observation du vent (dans la direction du vent).

→ cf annexe XI

Calculs à intervalles de temps réguliers: (toutes les minutes et toutes les 30 sec. ni effet de loupe): les performances et du vent réel ou 5 échantillons soit durant 12,5 secondes.

Traçé de la flèche du vent (cf annexe XI) et inscription de ses performances.

```

1340 IF Coef=0 THEN Pas
1350 PDIR 0
1360 LDIR 0
1370 MOVE 250+750*(Agr=0),12.5+37.5*(Agr=0)
1380 LORG 8
1390 CSIZE 3
1400 LABEL USING "K","Ech Vt: "
1410 MOVE 250+750*(Agr=0),12.5+37.5*(Agr=0)
1420 LORG 5
1430 LABEL USING "K","I"
1440 PLOT 250+750*(Agr=0),12.5+37.5*(Agr=0)
1450 PLOT 250+750*(Agr=0)+5*54,12.5+37.5*(Agr=0)
1460 LABEL USING "K","I"
1470 MOVE 250+750*(Agr=0)+5*54,12.5+37.5*(Agr=0)
1480 LORG 2
1490 IF Coef=54 THEN LABEL USING "K"," 5 nd"
1500 IF Coef=27 THEN LABEL USING "K"," 10 nd"
1510 MOVE 68+204*(Agr=0),50+150*(Agr=0)
1520 LABEL USING "K","Distance: 13 cm = 1 mille"
1530 Pas:1

```

inscription des échelles  
et de leur label  
(compte tenu de l'effet  
de loupe éventuel).

```

1540 Azmoy=0
1550 Vtmoy=0
1560 Anglmoy=0
1570 Vmgmoy=0
1580 Vitmoy=0
1590 FOR I=1 TO 12
1600 Azmoy=Azmoy+B(I,1)
1610 Vtmoy=Vtmoy+B(I,2)
1620 Anglmoy=Anglmoy+B(I,3)
1630 Vmgmoy=Vmgmoy+B(I,4)
1640 Vitmoy=Vitmoy+B(I,5)
1650 NEXT I
1660 Azmoy=Azmoy/(10*(12-1))+Dec1/10
1670 Vtmoy=Vtmoy/(100*(12-1))
1680 Anglmoy=Anglmoy/(10*(12-1))
1690 Vmgmoy=Vmgmoy/(100*(12-1))
1700 Vitmoy=Vitmoy/(100*(12-1))
1710 CSIZE 2.5
1720 MOVE 12.5+37.5*(Agr=0),1250+3750*(Agr=0)
1730 LABEL USING "K","Azimut du vent moyen:"
1740 LABEL USING "K","Force du vent moyen:"
1750 LABEL USING "K","Angle de remontée moyen:"
1760 LABEL USING "K","Vmg moyen:"
1770 LABEL USING "K","Vitesse moyenne:"
1780 LORG 8
1790 MOVE 575+1725*(Agr=0),1250+3750*(Agr=0)
1800 LABEL USING "DD",Azmoy
1810 LABEL USING "DD",Vtmoy
1820 LABEL USING "DD",Anglmoy
1830 LABEL USING "DD",Vmgmoy
1840 LABEL USING "DD",Vitmoy

```

Calcul des moyennes  
des performances réa-  
lisées pendant toute  
la durée du bord de  
près Centre d'évène-  
ment top de départ  
et celui de fin).

Impression (synoptique)  
de ces performances.

```

1850 LIMIT 0,400,0,280
1860 PEN 0
1870 MOVE 100*RATIO,100
1880 END

```

Fin du programme



Annexe XIII

PROGRAMMES DE GESTION PAR ORDINATEUR  
DU BANC DE MESURES DU COUPLE DE RAPPEL



## 1°) Routine de dialogue en assembleur

```

10 | PROGRAMME "FORCE2"
20 | SUR DISQUE 'COUPLE DE RAPPEL'
30 | COUPLE DE RAPPEL-VERSION HP35
40 | AVEC IMPRIMANTE EXTERNE
50 | AVEC LA ROM EXECUTION ASSEMBLEUR
60 | AVEC LA ROM DEVELOPPEMENT ASSEMBLEUR
70 | OPTION BASE 1
120 INTEGER A(4)

```

Déclaration d'un tableau A(4) déclaré en zone commune dans l'assembleur.

- A(1) : centaines et dizaines de milliers (du résultat du calcul).
- A(3) : milliers et centaines.
- A(4) : dizaines et unités.
- A(2) : temps d'intégration.

```

280 ICOM 0
290 ICOM 1000
300 IASSEMBLE Initia
310 BEEP

```

Appel du programme 'Initia' qui réalise l'initialisation

```

320 ICALL Init
330 | *****

```

Appel de la routine 'Init'

Sélection de l'interface  
Coupleur périphérique  
numéro 2).

```

1330 | *****
1340 ISOURCE NAM Initia
1350 ISOURCE SUB
1360 ISOURCE Init: LDA =2: Selection de l'interface
1370 ISOURCE STA Pa

```

```

1380 ISOURCE LDA =3: CTL0=1=0 Volt
1390 ISOURCE SFC #1: CTL1=1=0 Volt
1400 ISOURCE STA R5: R.A.Z.

```

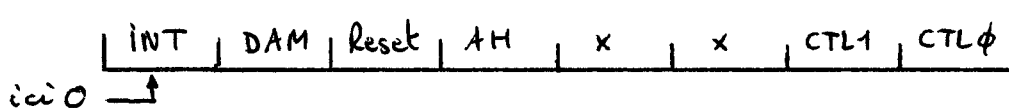
Avant l'envoi d'une impulsion sur la ligne CTL0, nous remettons les deux lignes de dialogue CTL0 et CTL1 à 0 Volt.

Pour charger ces 2 lignes de dialogue, il suffit de charger la registre R5 avec le contenu de l'accumulateur A. Notons que le HP 35 fonctionne en logique négative:

ligne à 0 Volt = Bit à 1  
ligne à 5 Volt = Bit à 0

D'autre part le registre d'envoi de l'interface "bus" ne pose. Il faut donc créer une boucle d'attente pendant l'occupation; ceci est réalisé par l'ordre SFC \*.

La procédure d'écriture est donc: SFC \*  
STA R5  
R5 a en écriture la structure suivante:



Par conséquent, pour effectuer la mise à 0 Volt des lignes CTL1 et CTLφ, il faut charger R5 à la valeur 3 (logique négative).

D'où la procédure finale: LDA =3  
SFC \*  
STA R5

Par la même procédure, nous envoyons le front montant de l'impulsion d'initialisation sur la ligne CTLφ.

Par cette instruction NOP de durée  $\frac{11}{6} = 2 \mu s$ , nous nous assurons que l'impulsion a une durée  $> 100 ns$ .

Nous envoyons le front descendant de l'impulsion d'initialisation sur CTLφ

Retour par l'ordre RET1 au programme principal

```
1410 ISOURCE LDA =2!CTL0=0=5 Volts
1420 ISOURCE SFC *!CTL1=1=0 Volt
1430 ISOURCE STA R5!Impulsion Init sur ligne CTL0
```

```
1440 ISOURCE NOP
```

```
1450 ISOURCE LDA =3!CTL0=1=0 Volt
1460 ISOURCE SFC *!CTL1=1=0 Volt
1470 ISOURCE STA R5!Fin de l'impulsion
1480 ISOURCE NOP
1490 ISOURCE RET 1
1500 ISOURCE END Initia
```

Nous effectuons dans le programme principal diverses initialisations (date, lieu, etc.) : cf 3<sup>e</sup>) Seul le dialogue ordinateur ↔ capteur de force est explicité dans ce 1<sup>er</sup>)

```
400 ICOM 0
410 ICOM 1000
420 IASSEMBLE Acq
430 BEEP
```

Assemblage du programme 'Acq' qui réalise l'acquisition de la durée et du résultat de la mesure.

Entrée de l'équipage, de ses caractéristiques morphologiques et des conditions de l'essai effectuée (cf 3°)

```
590 Deb: INPUT "Mesure, Press CONT", Bide
600 ICALL Mesure(A(*))
```

Si l'on désine une mesure (soit la 1ère, soit les suivantes), on tape la touche CONT, la routine de mesure en assembleur est alors appelée et exécutée.

Déclaration des routines utilisées.

```
1510 ! *****
1520 ISOURCE NAM Acq
1530 ISOURCE EXT Get_info, Put_element, Put_value, Print_string, Printer_select, Get_value
```

Tampons pour les routines d'acquisition. (Resu et Aux)

```
1540 ISOURCE Resu: BSS 1
1550 ISOURCE Aux: BSS 1
1560 ISOURCE Offset: BSS 1
1570 ISOURCE Val_c: DAT 0
1580 ISOURCE Array_info: BSS 30
```

Tampon Offset pour la routine de stockage du résultat  
Array\_info: table d'information pour le transfert assembleur → basic


Tableau INT: référence

```
1590 ISOURCE SUB
1600 ISOURCE Param: INT (*)
```

- fénence de A(1), A(2), A(3) et A(4) contenant pour le basic les résultats (Mesure et durée de la mesure).

Sélection de l'interface  
(coupleur périphérique  
numéro 2) : l'appel de la routine de Mesure depuis le  
programme Basic est effectué à cette étiquette Mesure.


```
1610 ISOURCE Mesure:LDA =2!Selection de l'interface
1620 ISOURCE STA Pa
```

L'impulsion de Start  
est envoyée sur la li-  
-gne CTL1:  
front montant 

```
1630 ISOURCE LDA =1!CTL0=1=0 Volt
1640 ISOURCE SFC *!CTL1=0=5 Volts
1650 ISOURCE STA R5!Impulsion de START sur CTL1
```

Instruction NOP de durée  
2  $\mu$ s pour s'assurer que  
l'impulsion Start de lancement de la mesure a une durée  $> 100$  ns

```
1660 ISOURCE NOP
```

Envoi du front descen-  
-dant  de l'impul-  
-sion de Start sur la  
ligne CTL1.

```
1670 ISOURCE LDA =3!CTL0=1=0 Volt
1680 ISOURCE SFC *!CTL1=1=0 Volt
1690 ISOURCE STA R5!Fin de l'impulsion
```

La mesure est donc  
démarrée.

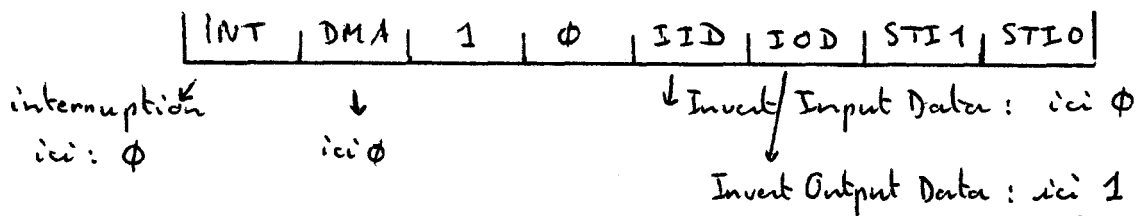
Le HP35 se met alors  
en scrutation de la  
ligne de dialogue  
entrant STI  $\phi$ .

Pour avoir accès à  
cette ligne, il suffit de lire le registre R5 en l'inscri-  
-vant dans l'accumulateur A. Pour les mêmes raisons  
que pour l'écriture (interface "busy"), il faut créer  
une boucle d'attente et ce pour l'ordre SFC \*.  
La procédure de lecture est donc:

```
1700 ISOURCE Attente: SFC *!Acquisition de R5
1710 ISOURCE LDA R5
1720 ISOURCE LDR =1!Extraction du bit de poids 1
1730 ISOURCE AND B
1740 ISOURCE RZA Suite!Scrutation de STI0
1750 ISOURCE JMP Attente
```

```
SFC *
LDA R5
```

Le registre R5 a en lecture la structure suivante :



Or, nous ne voulons tester que la ligne STI Φ : le bit intéressant est donc celui de poids 1

Le registre R5 étant dans l'accumulateur, on extrait le bit de poids 1 en le masquant avec 0000 0001.

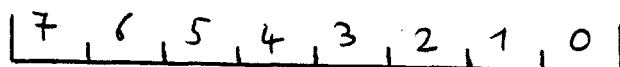
Si le résultat est nul, c'est que  $STI\Phi = 0 = 5 \text{ Volts}$  : la ligne provenant du capteur de force est encore occupée, c'est à dire que la mesure n'est pas terminée, on jume alors à nouveau à l'étiquette Attente qui recommence le test.

Si le résultat n'est pas nul, c'est que  $STI\Phi = 1 = 0 \text{ Volt}$ , la ligne n'est plus occupée, la mesure est donc terminée, on jume alors à l'étiquette Suite.

Le signal d'occupation étant redescendu à 0 Volt, il s'agit d'acquiescer le temps de la mesure et le résultat de la mesure.

Nous allons acquiescer par l'intermédiaire du bus Data d'entrée le contenu des 3 compteurs 8 bits, leur adressage est réalisé par l'intermédiaire du bus data de sortie. Les 3 adresses sont 00, 01 et 10. L'adressage 11 inhibe le multiplexeur d'adresse. La structure de ces compteurs est la suivante (rappels du chapitre III § 2) :

\* Compteur d'adresse 00 :



Bits 0, 1, 2, 3 : Chiffre des dizaines de milliers codé en BCD

Bit 4 : Chiffre des centaines de milliers : comme celui-ci ne peut être égal qu'à 0 ou 1, un seul bit suffit à sa détermination.

Bit 5 : inutilisé

Bits 6, 7 : Codage du Temps qui peut être égal à 1, 2, 5 ou 10s.

Ce codage est effectué de la façon suivante:

Bit 7	Bit 6	Temps de Mesure	
0	0	1	s
0	1	2	s
1	1	5	s
1	0	10	s

\* Compteur d'adresse 01 :

Bits 0,1,2,3 : Chiffre des centaines codé en BCD

Bits 4,5,6,7 : Chiffre des Millions codé en BCD

\* Compteur d'adresse 10 :

Bits 0,1,2,3 : Chiffre des unités codé en BCD

Bits 4,5,6,7 : Chiffre des dizaines codé en BCD

L'acquisition d'un compteur se déroule donc de la façon suivante:

- Sélection de l'adressage
- Acquisition proprement dite par l'intermédiaire du bus Data d'entrée
- Décodage BCD  $\rightarrow$  décimal (binaire) avec un décodage un peu particulier pour le compteur d'adresse 00, puisqu'il contient également l'information durée de la mesure
- Transfert du résultat décodé dans un tableau Basic

1<sup>ère</sup> acquisition:

on adresse par le bus de sortie le compteur 00 (logique négative).  
on acquiert donc les dizaines de millions, les

```

1760 ISOURCE Suite: Acquisition de Tps et DMCN
1770 ISOURCE LDA #3!Bit 17 Bus Output=1=0 Volt
1780 ISOURCE SFC #1!Bit 16 Bus Output=1=0 Volt
1790 ISOURCE STA R4
1800 ISOURCE STA R7
1810 ISOURCE NOP
  
```



centaines de millions, et le temps d'intégration.  
L'instruction SFC se est utilisée pour éviter que le problème de l'interface "bus" se pose.  
L'instruction NOP est utilisée séquentiellement pour que le multiplexeur ait le temps d'acquiescer l'adressage sur le bon compteurs.

Le bus d'Entrée - Sortie correspond au registre R4

On acquiesce ensuite le contenu du bus data d'entrée.

Comme le HP35 fonctionne en logique négative, on complémente le registre R4 (CMT) avant de le stocker dans la mémoire auxiliaire Resu.

```

1820 ISOURCE SFC *!Lecture du Compteur 00
1830 ISOURCE LDA R4
1840 ISOURCE STA R7
1850 ISOURCE SFC *
1860 ISOURCE LDA R4
1870 ISOURCE CMA
1880 ISOURCE STA Resu
    
```

On commence par dé-coder les dizaines et centaines de millions.  
Le chiffre des dizaines est codé en BCD sur les 4 bits de poids faible. On ne conserve donc que ces 4 bits en masquant avec 0000 1111. Le résultat est stocké dans la mémoire auxiliaire Aux.

```

1890 ISOURCE Decodage1:LDB Resu
1900 ISOURCE LDA =15!Masquage 00001111
1910 ISOURCE AND B
1920 ISOURCE STA Aux
1930 ISOURCE LDA Resu
1940 ISOURCE SAR 4
1950 ISOURCE STA B
1960 ISOURCE LDA =1!Masquage 00000001
1970 ISOURCE AND B
1980 ISOURCE STA B
1990 ISOURCE Deca11:SBL 1
2000 ISOURCE LDA Aux
2010 ISOURCE ADA B
2020 ISOURCE Deca12:SBL 2
2030 ISOURCE ADA B
2040 ISOURCE STA Aux
    
```

On reprend ensuite

l'acquisition précédemment obtenue (dans Resu). On décale de 4 coups à droite pour faire passer l'information contenant le chiffre des centaines de millions dans le bit de poids le plus faible qui suffit à sa détermination (Comme nous l'avons vu précédemment). On masque donc avec 0000 0001. On va conserver l'information con-



On range ce résultat dans le tableau Basic A(\*) - L'offset étant incrémenté dans la routine Stock, ce résultat sera range' en A (2).

### 2<sup>ème</sup> acquisition:

On adresse maintenant le compteur 01 et on acquiert donc sur 8 bits (2 x 4 bits) le chiffre des centaines et celui des millions. Au complément (CMA) de même cette acquisition qui est rangée dans Resu.

Le décodage est identique au précédent, excepté que le chiffre des dizaines (qui correspond en fait aux millions) peut prendre toutes les valeurs: il sera donc également codé sur 4 bits et on masquera donc avec 0000 1111 après décalage. Le résultat est stocké dans la mémoire Aux.

Rangement de ce résultat qui est stocké lors du transfert Basic en A(3).

2120 ISOURCE Stockage2:JSM Stock

```
2130 ISOURCE !Acquisition de Cm
2140 ISOURCE LDA =2!Bit 17 Bus Output=0=5 Volts
2150 ISOURCE SFC *!Bit 16 Bus Output=1=0 Volt
2160 ISOURCE STA R4
2170 ISOURCE STA R7
2180 ISOURCE NOP
2190 ISOURCE SFC *!Lecture du Compteur 01
2200 ISOURCE LDA R4
2210 ISOURCE STA R7
2220 ISOURCE SFC *
2230 ISOURCE LDA R4
2240 ISOURCE CMA
2250 ISOURCE STA Resu
```

```
2260 ISOURCE Decodage2:LDB Resu
2270 ISOURCE LDA =15!Masquage 00001111
2280 ISOURCE AND B
2290 ISOURCE STA Aux
2300 ISOURCE LDA Resu
2310 ISOURCE SAR 4
2320 ISOURCE STA B
2330 ISOURCE LDA =15!Masquage 00001111
2340 ISOURCE AND B
2350 ISOURCE STA B
2360 ISOURCE Decal3:SBL 1
2370 ISOURCE LDA Aux
2380 ISOURCE ADA B
2390 ISOURCE Decal4:SBL 2
2400 ISOURCE ADA B
2410 ISOURCE STA Aux
```

2420 ISOURCE Stockage2:JSM Stock

### 3<sup>ème</sup> acquisition :

Procédure identique aux précédentes avec le compteur 10.

On acquiert sur 8 bits (2 x 4 bits en BCD) le chiffre des unités et celui des dizaines.

Décodage identique au précédent.

Rangement de ce résultat qui est transféré dans le tableau Basic en A(4).

Retour au programme Basic.

```

2430 ISOURCE !Acquisition de Ud
2440 ISOURCE LDA =1!Bit 17 Bus Output=1=0 Volt
2450 ISOURCE SFC *!Bit 16 Bus Output=0=5 Volts
2460 ISOURCE STA R4
2470 ISOURCE STA R7
2480 ISOURCE NOP
2490 ISOURCE SFC *!Lecture du Compteur 10
2500 ISOURCE LDA R4
2510 ISOURCE STA R7
2520 ISOURCE SFC *
2530 ISOURCE LDA R4
2540 ISOURCE CMA
2550 ISOURCE STA Resu
    
```

```

2560 ISOURCE Decodage3:LDB Resu
2570 ISOURCE LDA =15
2580 ISOURCE AND B
2590 ISOURCE STA Aux
2600 ISOURCE LDA Resu
2610 ISOURCE SAR 4
2620 ISOURCE STA B
2630 ISOURCE LDA =15!Masquage 00001111
2640 ISOURCE AND B
2650 ISOURCE STA B
2660 ISOURCE Decal5:SBL 1
2670 ISOURCE LDA Aux
2680 ISOURCE ADA B
2690 ISOURCE Decal6:SBL 2
2700 ISOURCE ADA B
2710 ISOURCE STA Aux
    
```

```

2720 ISOURCE Stockage3:JSM Stock
    
```

```

2730 ISOURCE RET 1
    
```

Description de la Routine Stock du transfert des résultats dans le tableau Basic A (\*) :

A chaque transfert, nous disposons d'une donnée binaire (en l'occurrence un nombre de 2 chiffres) qu'il faut ranger dans un tableau Basic.

Avant de faire un transfert, il faut appeler une routine d'information Cct\_info en chargeant l'accumulateur B avec l'adresse du tableau (Param) et l'accumulateur A avec l'adresse de la table d'information Array\_info pour le transfert Assembleur → Basic.

L'Offset est initialisé à 0 avant le 1<sup>er</sup> transfert et est incrémenté après l'opération de transfert.

On charge alors la valeur de l'offset à l'adresse 16 de la table d'information précédemment obtenue par la routine Cct\_info et on appelle la routine de transfert Assembleur → Basic Put\_element.

L'offset est alors incrémenté comme indiqué précédemment.

Puis retour par RET 1 à l'instruction suivant l'appel de cette routine.

```
2740 ISOURCE Stock:LDB =Param
2750 ISOURCE LDA =Array_info
2760 ISOURCE JSM Get_info
2770 ISOURCE LDA Offset
2780 ISOURCE STA Array_info+16
2790 ISOURCE LDA =Aux
2800 ISOURCE LDB =Array_info
2810 ISOURCE JSM Put_element
2820 ISOURCE LDA =1
2830 ISOURCE ADA Offset
2840 ISOURCE STA Offset
2850 ISOURCE RET 1
```

```
2860 ISOURCE END Acq
2870 ! *****
```

Après les 3 acquisitions et stockages successifs, on revient donc au programme Basic.

```

610 ! *****
620 IF A(2)=0 THEN Temps=1
630 IF A(2)=64 THEN Temps=2
640 IF A(2)=192 THEN Temps=5
650 IF A(2)=428 THEN Temps=10

```

On a vu que la durée de la mesure était renvoyée en A(2). Le test résulte du collage précédant de cette durée.

```

660 ! *** Impression des Résultats ***
670 PRINT
680 PRINT "DUREE:"; Temps
690 Force=A(4)+100*A(3)+10000*A(1)

```

On a en A(1) centains de milliers et dizaines de milliers, en A(3) milliers et centaines, et en A(4) dizaines et unités. D'où l'expression de la force résultat du collage sur 1, 2, 5 ou 10.

```

700 Force=Force/(40*Temps)

```

Conversion du comptage en force.

puis impression des résultats et calcul du couple (cf 30)

```

740 Ques: INPUT "Mesure a Recommencer (OUI=1, NON=0)"; Rep
750 IF Rep=1 THEN Deb

```

Si on souhaite recommencer la mesure, on reprend.

Sinon, suite du protocole de mesures et stockage des résultats sur fichiers magnétiques (cf 30).

```

2880 END

```

## 2°) Routine de dialogue Basic

```
10 ! PROGRAMME "FOR45"  
20 ! COUPLE DE RAPPEL - VERSION HP45C OU HP35 AVEC VISU  
30 ! AVEC IMPRIMANTE INTERNE OU EXTERNE POUR LE HP45C  
40 ! AVEC IMPRIMANTE EXTERNE POUR LE HP35  
50 ! SANS LES ROM DEVELOPPEMENT ET EXECUTION ASSEMBLEUR
```

La procédure est identique  
à celle écrite en assembleur.

```
440 ! *****  
450 GOSUB Init  
460 ! *****
```

Appel de la Routine  
d'initialisation.

```
1620 ! *****  
1630 Init:!  
1640 ! Ecritures dans le Registre R5  
1650 ! Envoi de Fronts Nuls sur CTLO et CTL1  
1660 ! CTLO=1=0V , CTL1=1=0V  
1670 WAIT WRITE 2,5,3  
1680 ! Envoi d'un Front Montant sur CTLO (Initialisation)  
1690 ! CTLO=0=5V , CTL1=1=0V  
1700 WAIT WRITE 2,5,2  
1710 ! Envoi d'un Front Descendant sur CTLO  
1720 ! CTLO=1=0V , CTL1=1=0V  
1730 WAIT WRITE 2,5,3  
1740 RETURN  
1750 ! *****
```

```
470 BEEP  
480 ! *****  
490 ! *** Entree des Commentaires ***
```

Entree des commentaires  
(cf 3°))

```

370 Deb: INPUT " Pour réaliser la mesure, pressez CONT ", Bide
880 ! *****
890 GOSUB Mesure
900 ! *****

```

Si l'on désire une mesure (soit la même, soit les suivantes), on appuie sur la touche CONT : la Routine de mesure en Basic est appelée et exécutée :

Acquisition sous la forme d'un entier du contenu des 3 compteurs :  
 A1, compteur d'adresse 00  
 A2, compteur d'adresse 01  
 et A3, compteur d'adresse 10  
 (voir point précédent 10)

```

1770 ! *****
1780 Mesure:
1790 ! Ecritures dans le Registre R5
1800 ! Impulsion de Start sur CTL1
1810 ! CTL0=1=0V , CTL1=0=5V
1820 WAIT WRITE 2,5;1
1830 ! Fin de l'Impulsion de Start sur CTL1
1840 ! CTL0=1=0V , CTL1=1=0V
1850 WAIT WRITE 2,5;3
1860 Attente: On attend la Fin de la Mesure
1870 ! Lecture du Registre R5
1880 ! Scrutation de la Ligne STIO
1890 ! Mesure en Cours : Ligne Occupee(STIO=0=5V)
1900 WAIT READ 2,5;R5
1910 IF R5 MOD 2=0 THEN Attente ! Ligne Occupee
1920 ! Fin de la Mesure
1930 !
1940 ! Lecture du Compteur 00(Adressage du Bus de Sortie)
1950 ! Bit0=1=0V , Bit1=1=0V
1960 WAIT WRITE 2,4;3
1970 ! Lecture du Registre R4
1980 WAIT READ 2,4;A1
1990 ! Lecture du Compteur 01(Adressage du Bus de Sortie)
2000 ! Bit0=0=5V , Bit1=1=0V
2010 WAIT WRITE 2,4;2
2020 ! Lecture du Registre R4
2030 WAIT READ 2,4;A2
2040 ! Lecture du Compteur 10(Adressage du Bus de Sortie)
2050 ! Bit0=1=0V , Bit1=0=5V
2060 WAIT WRITE 2,4;1
2070 ! Lecture du Registre R4
2080 WAIT READ 2,4;A3
2090 !

```

Nous décodons ensuite successivement :

```

2100 M=1
2110 A=A1
2120 GOSUB Decodage

```



rièvement les 3 compteurs en commençant par le premier A(1) avec un traitement spécial pour celui-ci puisque les bits 6 et 7 ( B(7) et B(8) ) contiennent le temps:

Appel d'une sous-routine de décodage:

```

2300 ! *****
2310 Decodage: !
2320 FOR U=1 TO 8
2330 IF A MOD 2=0 THEN B(U)=1 ! Logique
2340 IF A MOD 2=1 THEN B(U)=0 ! Negative
2350 A=A DIV 2
2360 NEXT U
2370 IF M=1 THEN Tps=B(7)*64+B(8)*128
2380 IF M=1 THEN B=B(1)*1+B(2)*2+B(3)*4+B(4)*8
2390 IF M<>1 THEN B=B(1)*1+B(2)*2+B(3)*4+B(4)*8+10*(B(5)+B(6)*2+B(7)*4+B(8)*8)
2400 RETURN
2410 ! *****

```

Algorithme de transformation :

nombre entier  
contenu du compteur } → Binaire.

Transformation  
BCD  
(2x4 bits)

Mise en mémoire du décodage  
de ce premier compteur.  
(avec en particulier le  
temps d'intégration).

```

2130 B1=B
2140 IF Tps=0 THEN Temps=1
2150 IF Tps=64 THEN Temps=2
2160 IF Tps=192 THEN Temps=5
2170 IF Tps=128 THEN Temps=10
2180 !

```

Décodage du 2ème compteur  
et mise en mémoire.

```

2190 M=2
2200 A=A2
2210 GOSUB Decodage
2220 B2=B
2230 !

```

Décodage du 3ème compteur  
et mise en mémoire.

```

2240 M=3
2250 A=A3
2260 GOSUB Decodage
2270 B3=B
2280 !

```

Restitution de la valeur de la  
force d'après le contenu de -  
code' des 3 compteurs et  
fin du sous-programme  
de mesure.

2250 GOTO Ret

2420 !  
2430 Ret:!  
2440 Force=10000\*B1+100\*B2+B3  
2450 RETURN  
2460 ! \*\*\*\*\*

Retour au programme Basic

Suite identique au point précédent (cf 1°).

3°)

## a) Environnement du programme d'acquisition de la mesure

On aura pu voir aussi 1°) et 2°), le dialogue effectué entre l'ordinateur et le capteur de force. Nous présentons ici le reste du programme, c'est à dire l'entrée des données relatives à l'équipage et la sauvegarde des résultats sur support magnétique.

```

10 ! PROGRAMME "FOR45"
20 ! COUPLE DE RAPPEL - VERSION HP45C OU HP35 AVEC VISU
30 ! AVEC IMPRIMANTE INTERNE OU EXTERNE POUR LE HP45C
40 ! AVEC IMPRIMANTE EXTERNE POUR LE HP35
50 ! SANS LES ROM DEVELOPPEMENT ET EXECUTION ASSEMBLEUR
60 MASS STORAGE IS ":T15"
70 LOAD KEY "FORCE"
80 OPTION BASE 1
90 PRINTER IS 16
100 PRINT PAGE
110 INPUT " HP45C (0) ou HP35 (1) ? ",Hp
120 IF Hp=1 THEN 150
130 PRINT "Mettre la cassette d'enregistrement à gauche (en T14), ou le disque"
140 PRINT "d'enregistrement à gauche (en 0,0)"
150 INPUT " Enregistrement sur Cassette (C) ou Disque (D) ? ",M$
160 PRINT PAGE
170 IF (M$<>"C") AND (M$<>"D") THEN 150
180 IF (M$="C") AND (Hp=0) THEN Z$=":T14"
190 IF (M$="C") AND (Hp=1) THEN Z$=":T15"
200 IF M$="D" THEN Z$=":H8,0,0"
210 MASS STORAGE IS Z$
220 In: INPUT " Imprimante thermique Interne(I) ou Imprimante Externe(E) "
,Pr$
230 IF (Pr$[1]<>"I") AND (Pr$[1]<>"E") THEN In
240 PRINT "Les numéros de disque sont du type : F 31, 31 pouvant varier d
e 1 à 99 "
250 PRINT " cassette sont du type : F 10; 10 pouvant varier
de 1 à 99 "
260 INPUT " N° du Disque à charger ",K7
270 INPUT " Premier Fichier à charger ",Prem
280 Fic=Prem-1
290 DIM Date$(8),Lieu$(20),Indiv$(20),Ens$(2),Com$(15)[50],N$(2)[15],Co$(50),Ta
ille$(4)[6],Poids$(2)[6]
300 Date$="NonDef"
310 Lieu$="NonDef"
320 Co$="NonDef"
330 FOR I=1 TO 4
340 Taille$(I)="NonDef"
350 NEXT I
360 Poids$(1)="NonDef"
370 Poids$(2)="NonDef"
380 FOR I=1 TO 15
390 Com$(I)="NonDef"
400 NEXT I
410 N$(1)="NonDef"
420 N$(2)="NonDef"
430 DIM For(15,2)

```

Initialisations:

choix des péri-  
-phériques (im-  
-primante et  
support magné-  
-tique) fonctions  
de l'ordinateur  
utilisé.

choix des nu-  
-méros de  
fichiers.

chargement des  
fichiers des  
"clés": utili-  
-sation des  
touches program-  
mables (clés)  
pour définir  
les conditions  
d'essai (cf  
pages suivantes)

```

440 ! *****
450 GOSUB Init
460 ! *****
470 BEEP

```

Appel de la  
Routine  
d'initiali-  
-sation  
(cf 2°)

```

480 ! *****
490 ! *** Entree des Commentaires ***
500 PRINT PAGE
510 INPUT " Date ",Date$
520 INPUT " Lieu ",Lieu$
530 PRINT PAGE
540 PRINT "Le bras de levier est la distance entre le point d'ancrage du capteur et le "
550 PRINT "milieu du bateau"
560 INPUT " Bras de levier en m ",Bras
570 PRINT PAGE
580 PRINT "La Tare est le poids à vide donné par l'afficheur (en kg)"
590 INPUT " Tare ",Tare
600 PRINT PAGE
610 ! *** Fin des Commentaires ***
620 Pers: I=1
630 MAT For=ZER
640 PRINTER IS 16
650 INPUT " Barreur(B),Equipier(E),Barreur & Equipier(BE) ? ",Ens$
660 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Nom du Barreur ",N$(1)
670 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Nom de l'Equipier ",N$(2)
680 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Taille du Barreur ",Taille$(1)
690 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Poids du Barreur ",Poids$(1)
700 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Taille de l'Equipier nu ",Taille$(2)
710 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Taille de l'Equipier en chaussures ",Taille$(3)
720 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Taille de l'Equipier sur la pointe des chaussures ",Taille$(4)
730 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN INPUT " Poids de l'Equipier ",Poids$(2)
740 Fic=Fic+1
750 Nom$="F"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic)
760 Commen: PRINT PAGE
770 PRINT "Clé K0: RAPPEL NORMAL "
780 PRINT "Clé K1: RAPPEL MAXIMAL"
790 PRINT "Clé K2: RAPPEL MAXIMAL AVEC BALLASTS"
800 PRINT "Clé K3: TRAPEZE NORMAL "
810 PRINT "Clé K4: TRAPEZE MAXIMAL"
820 PRINT "Clé K5: TRAPEZE MAXIMAL AVEC BALLASTS"
830 INPUT " Pressez la clé du commentaire voulu puis pressez CONT ",Co$
840 PRINT PAGE
850 PRINT "Une lampe ,sur l'afficheur, indique le temps de mesure que l'on peut changer"
860 PRINT "en pressant le bouton 'Selection de temps de mesure'"

```

identification  
de l'équipage

caractéris-  
-tiques  
morpholo-  
-giques de  
l'équipage

fichier  
correspondant

début de  
l'ensemble  
des mesures  
à effectuer  
pour un  
même é-  
-quipage  
(utilisation

des touches préprogrammées).  
L'entraîneur et les régatiers choisissent  
les conditions souhaitées et le temps de  
la mesure (1, 2, 5 ou 10 s).

```
870 Deb: INPUT " Pour réaliser la mesure, pressez CONT ", Bide
```

Lorsqu'ils sont prêts, la mesure est effectuée

```
880 ! *****
890 GOSUB Mesure
900 ! *****
```

Appel de la Routine de mesure.  
(cf 2°)

```
910 ! *** Impression des Resultats ***
920 PRINT
930 PRINT "DUREE:"; Temps
940 Force=Force/(40*Temps)
950 PRINT "FORCE:"; Force
960 Couple=(Force-Tare)*Bras
970 PRINT "COUPLE:"; Couple
980 Ques: INPUT " Mesure à recommencer (OUI=1, NON=0) ? ", Rep
990 IF Rep=1 THEN Deb
1000 For(I,1)=Couple
1010 For(I,2)=Temps
1020 Com$(I)=Co$
1030 I=I+1
1040 PRINT PAGE
1050 INPUT " Nouvelle personne(OUI =1, NON=0, FIN=2) ", Rep1
1060 IF Rep1(>0) THEN Stockage
1070 INPUT " Nouveau commentaire(OUI=1, NON=0) ", Rep2
1080 IF Rep2=1 THEN Commen
1090 IF Rep2=0 THEN I=I-1
1100 IF Rep2=0 THEN Ques
```

Impression des résultats de la mesure effectuée: l'entraîneur peut choisir de la recommencer. Il choisit ensuite de continuer avec le même équipement et de changer les conditions d'essai, ou sinon il passe à l'équipement suivant.

-ge suivant : dans ce cas, l'ensemble des mesures de l'équipage précédent est stocké sur support magnétique et est édité sur imprimante.

```
1110 ! *** Stockage des Resultats et Commentaires ***
1120 Stockage: !
1130 DISP "STOCKAGE:"; Nom$
1140 CREATE Nom$, 4
1150 ASSIGN #3 TO Nom$
1160 PRINT #3; Date$, Lieu$, Bras, Ens$, N$(*), Taille$(*), Poids$(*), Com$(*), For(*)
1170 ASSIGN #3 TO *
1180 ! *** Fin du Stockage ***
```

Stockage des résultats sur support magnétique.

```

1190 ! *** RESUME ***
1200 Imp: IF Pr$(11)="I" THEN PRINTER IS 0
1210 IF Pr$(11)="E" THEN PRINTER IS 7,2
1220 PRINT "FICHER:";Nom$
1230 PRINT
1240 PRINT Date$
1250 PRINT Lieu$
1260 PRINT "Bras de Levier en m:";Bras
1270 PRINT
1280 IF Ens$="B" THEN PRINT "Barreur Seul"
1290 IF Ens$="E" THEN PRINT "Equipier Seul"
1300 IF Ens$="BE" THEN PRINT "Barreur & Equipier"
1310 PRINT
1320 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Nom du Barreur:";N$(1)
1330 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille:";Taille$(1)
1340 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Poids:";Poids$(1)
1350 IF Ens$="BE" THEN PRINT
1360 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Nom de l'equipier:";N$(2)
1370 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille nu:";Taille$(2)
1380 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille en Chaussures:";Taille$(3)
1390 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille sur la Pointe des Chaussure
s:";Taille$(4)
1400 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Poids:";Poids$(2)
1410 PRINT
1420 PRINT "*****"
***"
1430 PRINT "*" COMMENTAIRE ";*DUREE*";"
COUPLE * "
1440 PRINT "*****"
***"
1450 PRINT "*" *
*
1460 FOR J=1 TO I-1
1470 PRINT USING "1A,1X,50A,1A,1X,DD,2X,1A,3X,DDDD.D,2X,1A";"*",Com$(J),"*",For(
J,2),"*",For(J,1),"*"
1480 NEXT J
1490 PRINT "*" *
*
1500 PRINT "*****"
***"
1510 FOR L=1 TO 10
1520 PRINT
1530 NEXT L
1540 INPUT " Réimpression(OUI=1,NON=0) ? ",Rep3
1550 PRINTER IS 16
1560 IF Rep3=1 THEN Imp
1570 IF Rep3=2 THEN Fini
1580 GOTO Pers
1590 Fini: MASS STORAGE IS ":T15"
1600 LOAD KEY "VEDETT"
1605 STOP
1610 !

```

Rappel sur  
imprimante  
de l'ensemble  
des mesures  
effectuées  
pour un  
même équi-  
-page.

choix d'une  
réimpression  
Passage à  
l'équipage  
suivant  
(ou fin).

## b) Listing du programme d'impression

Par ce programme, nous éditons sur imprimante, le contenu des fichiers enregistrés sur support magnétique (cassette ou disque) et contenant les mesures et données concernant les équipages.

```

10  ! PROGRAMME "IMPRES"
20  ! VERSION HP45C OU HP35
30  ! POUR LA VERSION HP45C IMPRIMANTE INTERNE OU EXTERNE
40  ! POUR LA VERSION HP35 IMPRIMANTE EXTERNE UNIQUEMENT
50  PRINTER IS 16
60  PRINT PAGE
70  PRINT "Programme IMPRES : imprime les résultats des mesures du couple de ra
    ppe1"
80  PRINT "des fichiers demandés "
90  PRINT
100 INPUT " HP45C (0) ou HP35 (1) ? ",Hp
110 IF Hp=1 THEN 130
120 PRINT "Mettre la cassette des fichiers à gauche (en T14), ou le disque à gau
    che (en 0,0)"
130 INPUT " Fichier sur cassette (C) ou sur disque (D) ? ",M$
140 IF (M$<>"C") AND (M$<>"D") THEN 130
150 IF M$="D" THEN Z$="H8"
160 IF (M$="C") AND (Hp=0) THEN Z$="T14"
170 IF (M$="C") AND (Hp=1) THEN Z$="T15"
180 MASS STORAGE IS Z$
190 OPTION BASE 1
200 INPUT " Imprimante interne(I) ou Externe(E) ? ",I$
210 IF I$="I" THEN PRINTER IS 0
220 IF I$="E" THEN PRINTER IS 7,2
230 INPUT " N° du Disque à Imprimer ? ",K7
240 INPUT " Premier Fichier à Imprimer ? ",Prem
250 INPUT " Dernier Fichier à Imprimer ? ",Dern
260 DIM Date$(8),Lieu$(20),Indiv$(20),Ens$(2),Com$(15)(50),N$(2)(15),Co$(50),Ta
    ille$(4)(6),Poids$(2)(6)
270 DIM For(15,2)
280 FOR Fic=Prem TO Dern
290 Nom$="F"&VAL$(K7)&"F"&VAL$(Fic)
300 DISP "CHARGEMENT:";Nom$
310 ASSIGN #3 TO Nom$
320 READ #3,Date$,Lieu$,Bras,Ens$,N$(*),Taille$(*),Poids$(*),Com$(*),For(*)
330 ASSIGN #3 TO *

```

```

340 ! *** IMPRESSION ***
350 Imp: PRINTER IS 7,2
360 PRINT "FICHIER:";Nom$
370 PRINT
380 PRINT Date$
390 PRINT Lieu$
400 PRINT "Bras de Levier en m:";Bras
410 PRINT
420 IF Ens$="B" THEN PRINT "Barreur Seul"
430 IF Ens$="E" THEN PRINT "Equipier Seul"
440 IF Ens$="BE" THEN PRINT "Barreur & Equipier"
450 PRINT
460 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Nom du Barreur:";N$(1)
470 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille:";Taille$(1)
480 IF (Ens$="B") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Poids:";Poids$(1)
490 IF Ens$="BE" THEN PRINT
500 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Nom de l'equipier:";N$(2)
510 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille nu:";Taille$(2)
520 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille en Chaussures:";Taille$(3)
530 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Taille sur la Pointe des Chaussure
s:";Taille$(4)
540 IF (Ens$="E") OR (Ens$="BE") THEN PRINT "Poids:";Poids$(2)
550 PRINT
560 PRINT "*****"
***"
570 PRINT "*" COMMENTAIRE " ;"*DUREE*";"
COUPLE *
580 PRINT "*****"
***"
590 PRINT "*" * *
*"
600 J=1
610 Debimp: !
620 IF For(J,2)=0 THEN Finimp
630 PRINT USING "1A,1X,50A,1A,1X,DD,2X,1A,3X,DDDD.D,2X,1A";"*",Com$(J),"*",For(
J,2),"*",For(J,1),"*"
640 J=J+1
650 GOTO Debimp
660 Finimp: !
670 PRINT "*" * *
*"
680 PRINT "*****"
***"
690 FOR L=1 TO 10
700 PRINT
710 NEXT L
720 NEXT Fic
730 END

```

