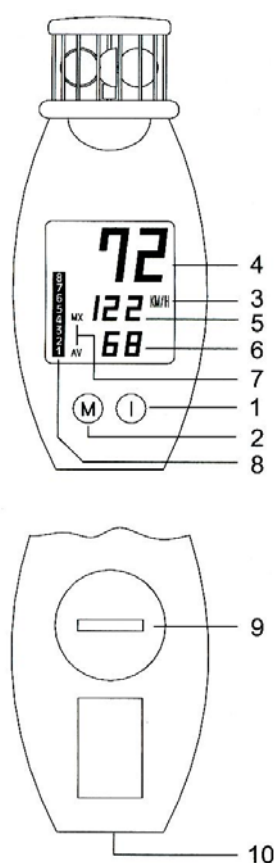


## MESURE DU VENT

### 1 MISE EN SERVICE DE LA MAQUETTE

- 1.1 Câblez le poste de manipulation dans sa configuration « réduite » (cf. DT6/32).
  - 1.2 Alimentez la maquette EOLE sous 12 Volts environ.
  - 1.3 Utilisez le générateur de vent (alternostat + sèche-cheveux en position « froid ») pour créer un vent artificiel provenant du sud exactement.
  - 1.4 Pour différentes forces de ce vent artificiel de sud, observez les mesures affichées par la maquette EOLE et vérifiez la cohérence des indications obtenues par rapport à celles du capteur « Windmaster 2 » préalablement et exactement positionné sur l'axe SUD  $\Rightarrow$  NORD.
  - 1.5 Recommencez avec un vent de sud-ouest, puis d'ouest. Commentez vos observations.
- 1.6 Lancez sur le PC le logiciel EOLE.EXE pour visualiser dans un environnement graphique plus convivial les mesures issues du capteur EOLE. Constatez qu'un certain nombre de variables logicielles internes à la maquette EOLE sont également affichées.

### Notice d'utilisation du « Windmaster 2 »



- (F)
- 1 Interrupteur marche/arrêt; extinction automatique au bout d'environ 8 jours
  - 2 Touche de sélection de mode; sélection de l'unité de mesure l'unité sélectionnée est maintenue
  - 3 Affichage de l'unité de mesure; KM/H (kilomètres/heure), KTS (nœuds), M/S (mètres/seconde), MPH (miles/heure)
  - 4 Affichage de la vitesse du vent actuelle
  - 5 Affichage de la vitesse du vent maximale depuis allumage de l'appareil
  - 6 Affichage de la vitesse du vent moyenne depuis allumage de l'appareil
  - 7 MX = MAXIMUM (valeur maximale)  
AV = AVERAGE (valeur moyenne)  
Voyant clignotant: Veuillez insérer une pile neuve
  - 8 Affichage de la vitesse du vent actuelle selon l'échelle Beaufort (bargraphe)
  - 9 Couvercle du compartiment à pile; Type de pile: pile au lithium CR2032, pôle positif + dirigé vers le haut!
  - 10 Taraudage pour trépied (UNC 6.35x1.27)  
Ne pas trop serrer la vis!  
Longueur maximale de la vis : 5.5mm!

#### Mesure:

Si possible, mesurez en aire libre et tenez l'anémomètre en position verticale. La direction du vent est sans influence sur le fonctionnement de l'appareil.

#### (F) Caractéristiques techniques:

##### Affichages à cristaux liquides:

- de la vitesse du vent actuelle
- de la vitesse du vent moyenne\*
- de la vitesse du vent maximale\*
- Bargraphe Beaufort
- (\* Mémoire pendant 8 jours maxi)

##### Unités de mesure (commutables):

- KM/H (kilomètres/heure)
- KTS (nœuds)
- M/S (mètres/seconde)
- MPH (miles/heure)

##### Plage de mesure:

- 2.5 ... 150 KM/H, 1.3 ... 81 KTS
- 0.7 ... 42 M/S, 1.5 ... 93 MPH

Résolution: 0.1(0...19.9), 1(20...150)

Précision: typ.  $\pm 4\%$ ,  $\pm 1$  digit

Plage de la température de service: -20 ... +50 °C

Plage de température de stockage: -25 ... +70 °C

Extinction automatique: au bout d'env. 8 jours

Taraudage pour trépied: UNC 6.35x1.27mm

Type de pile: CR2032, échangeable

Durée de vie de la pile: jusqu'à 10 ans

Dimensions: 127x55x28(39 tête manométrique) mm

Poids: env. 95 g

résistant aux intempéries

Garantie: 2 ans (sauf pour les piles)

### Remarque très importante à propos du sèche-cheveux

En position « froid », l'air expulsé par le sèche-cheveux est quand même légèrement réchauffé car il participe au refroidissement du moteur de ventilation.

## 2 DEROULEMENT DU PROGRAMME PRINCIPAL

Le déroulement des différentes phases du programme principal peut être observé grâce au quartet de poids fort du PORTD (RD7..RD4) qui a été programmé à cet effet (voir listings ci-dessous).

2.1 Relevez des oscillogrammes permettant de caractériser les signaux RD7..RD4. Vous pourrez utiliser avec profit les possibilité de synchronisation externe de l'oscilloscope ainsi que la « double base de temps » (zoom horizontal).

2.2 A partir de vos résultats expérimentaux, chiffrez les temps d'exécution des différentes phases du programme principal. Portez directement vos valeurs sur les listings ci-dessous.

### PROGRAMME PRINCIPAL (LANGAGE C)

```
while(1)                                /* boucle sans fin du programme principal */
{
    top_synchro();

    Acquisition_sommes(Nb_cycles); // mesures brutes sommées sur le capteur :
    inc_synchro();                // phi_N, phi_S, phi_E, phi_O, N_Vtemp, N_Vbat

    Calcule_vent_Temp_vbat(); // calculs des grandeurs à partir des mesures brutes :
    inc_synchro();            // vent (force & direction), température, tension batterie

    Conversions();             // conversion des grandeurs en
    inc_synchro();             // chaînes de caractères

    Affichage_LCD();           // affichage des chaînes de caractères
    inc_synchro();             // sur le module LCD (maquette EOLE)

    Transmission_RS232();       // envoi des chaînes de caractères
    inc_synchro();             // sur la liaison série RS232
}
```

### SOUS-PROGRAMMES DE SYNCHRO SUR LE PORTD (LANGAGE ASSEMBLEUR)

```
;-----
; les quatre bits RD7..RD4 du PORTD sont utilisés pour visualiser
; à l'oscilloscope l'exécution du programme principal
; RD7 permet de se synchroniser
; RD6..RD4 forment un compteur 3 bits permettant de visualiser 8 étapes
;-----
; top_synchro
; entrées : aucune
; sorties : RD7..RD4
; action : impulsion négative sur RD7 d'environ 1 ms
;          : RD6..RD4 = 000
top_synchro
    movlw    0x0F        ; WREG = '0000 1111'
    andwf    LATD, f     ; PORTD = PORTD & WREG
    movlw    D'100'
    call     tempo_10us
    bsf      LATD, 7
    return

;-----
; inc_synchro
; entrées : aucune
; sorties : RD7..RD4
; action : le quartet [RD7..RD4] est incrémenté
inc_synchro
    movlw    0x10        ; WREG = '0001 0000'
    addwf    LATD, f;    ; PORTD = PORTD + WREG
    return
;-----
```

### 3 CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UNE MESURE ELEMENTAIRE

Une mesure élémentaire, par exemple sur l'axe SUD/NORD ( $S \Rightarrow N$ ), se déroule comme suit :

1. Excitation du transducteur SUD utilisé en mode émetteur :  $V_{TS}$  est imposée par FP4 sous contrôle de FP1, FP2 et FP3.
2. Le transducteur NORD est utilisé en mode récepteur.  $V_{TN}$ , sélectionnée par FP1 grâce à FP4, est amplifiée et filtrée par FP5, mise en forme par FP6 puis appliquée au détecteur de phase FP7.
3. FP2 ouvre une fenêtre temporelle de mesure grâce au signal CE et le détecteur de phase délivre des impulsions en plusieurs rafales (signal PHASE\_ACQ). Le nombre total d'impulsions est comptabilisé par FP1 dans une variable logicielle  $\phi\_S$ , image du temps de propagation  $t_s$  suivant une loi du type :

$$\phi\_S = a \cdot t_s + b \quad (I)$$

#### MESURES PAR VENT NUL : démarrez la maquette ÉOLE en mode 2 (cf. DT 7/32)

3.1 On demande de caractériser expérimentalement cette mesure élémentaire en relevant des oscillogrammes significatifs des signaux : **TXEN**, **TX**, **CLK40**,  **$V_{TS}$** , **VTP8**, **RXUS**, **CE** et **PHASE\_ACQ**. Relevez également sur le PC les valeurs expérimentales de  **$\phi\_S$** .

- ♦ **Consigne 1** : vous utiliserez le front montant du signal T1 pour synchroniser l'oscilloscope en mode externe.
- ♦ **Consigne 2** : CE n'étant pas un signal directement accessible à la mesure, vous le déduirez du signal T2 (cf. dossier technique page DT18/32).
- ♦ **Consigne 3** : vous augmenterez artificiellement la taille verticale du réticule sur le logiciel WAVESTAR de manière à placer convenablement tous les signaux sur le même oscillogramme.

3.2 Précisez le nombre d'impulsions appliquées à l'émetteur.

3.3 Précisez la période et la fréquence de ces impulsions.

3.4 Les mesures sont-elles cohérentes avec le résultat de l'équation (III) du dossier technique ? Commentez la forme du signal **VTP8** et expliquez pourquoi la mesure absolue du temps de propagation  $t_s$  n'est pas facilement réalisable dans la pratique. Justifiez la position de la fenêtre de mesure (signal **CE**). Les valeurs de  **$\phi\_S$**  sont-elles cohérentes par rapport aux signaux relevés, notamment **PHASE\_ACQ** ?

**MESURES PAR VENT NON NUL : démarrez la maquette ÉOLE en mode 2 (cf. DT 7/32)****INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SEULE**

Les résultats de l'étude théorique indiquent que si l'on expose un axe de mesure, par exemple  $S \Rightarrow N$ , à un vent qui lui est perpendiculaire ( $E \Rightarrow O$  ou  $O \Rightarrow E$ ), le temps de propagation  $t_s$  doit augmenter, mais d'une quantité à peine perceptible.

3.5 Utilisez le générateur de vent (cf. remarque au bas de la page DR 1/6) ainsi qu'un rectangle de carton pour créer de brutales variations de vent d'ouest. Conservez la synchronisation de l'oscilloscope sur les mesures de l'axe SUD/NORD (signal T1). Observez et expliquez les modifications induites par ce vent à peine tiède sur les signaux VTP8, RXUS et PHASE\_ACQ.

**INFLUENCES COMBINÉES DE LA TEMPÉRATURE ET DU VENT**

3.6 Créez de la même manière de brutales variations de vent de sud puis de nord. Observez les modifications sur les signaux VTP8, RXUS et PHASE\_ACQ. Donnez une interprétation physique des phénomènes observés en distinguant notamment les influences respectives de la vitesse de l'air et de sa température.

**4 CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CYCLE ELEMENTAIRE**

Un cycle élémentaire est tout simplement la succession de quatre mesures élémentaires :

- ♦ deux mesures pour l'axe OE (sens  $O \Rightarrow E$  et sens  $E \Rightarrow O$ ),
- ♦ deux mesures pour l'axe SN (sens  $S \Rightarrow N$  et sens  $N \Rightarrow S$ ).

4.1 Déterminez expérimentalement la durée qui sépare les mesures élémentaires successives au cours d'un cycle élémentaire. Précisez alors la durée d'exécution du cycle élémentaire.

4.2 Sachant qu'une mesure globale est constituée de **Nmax** cycles élémentaires (cf. listing du sous-programme « Acquisition\_sommes » page suivante), utilisez votre résultat précédent (4.1) ainsi que les mesures du 2.2 pour déterminer la valeur de **Nmax**.

```

void Acquisition_sommes(unsigned char Nmax)
{
    ns_somme=0;eo_somme=0;           // RAZ de toutes
    ns_somme_plus=0;eo_somme_plus=0;  // les variables sommées
    temp_somme=0;vbat_somme=0;

    for (i=0;i<Nmax;i++)             // les mesures sont sommées sur "Nmax" cycles élémentaires
    {
        capte_vent_temp();           // routine assembleur pour un cycle élémentaire

        ns_somme = ns_somme + (phi_N - phi_S);           // mesure du vent en NS
        eo_somme = eo_somme + (phi_E - phi_O);           // mesure du vent en EO

        temp_somme = temp_somme + N_Vtemp;               // mesure de température
        vbat_somme = vbat_somme + N_Vbat;                // mesure de tension d'alimentation

        ns_somme_plus = ns_somme_plus + (phi_N + phi_S); // mesure des points de repos
        eo_somme_plus = eo_somme_plus + (phi_E + phi_O); // du détecteur de phase
    }
}

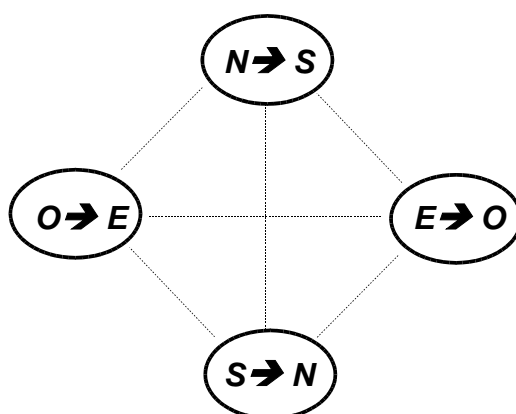
```

Pour chaque mesure élémentaire, la sélection de l'axe ( $S \leftrightarrow N$  ou  $E \leftrightarrow O$ ) et du sens de la mesure sur cet axe (émetteur  $\Rightarrow$  récepteur) se fait sous contrôle des signaux AXE et SENS issus de FP1.

4.3 Déterminez expérimentalement le mode de fonctionnement de ce système de sélection.

AXE	SENS	Axe de mesure	Sens de la mesure
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

4.4 A partir de vos relevés expérimentaux, précisez ci-dessous par des flèches l'ordre de succession des quatre mesures élémentaires qui forment un cycle élémentaire.





## 5 MISE EN EVIDENCE DE LA MESURE DIFFERENTIELLE

Comme expliqué précédemment, à chaque mesure élémentaire la fonction FP1 capture une variable logicielle  $\phi_X$ , image d'un temps de propagation  $t_X$  suivant une loi du type :

$$\phi_X = a \cdot t_X + b \quad (\text{II})$$

Au cours d'un cycle élémentaire, pour un axe donné ( $S \leftrightarrow N$  ou  $E \leftrightarrow O$ ) et à un instant donné le paramètre « b » est constant quel que soit le sens de la mesure. Ceci permet à FP1 de calculer une variable logicielle différentielle qui ne dépend plus de « b ». Par exemple sur l'axe  $S \leftrightarrow N$ , on aura :

$$\Delta_{NS} = \phi_N - \phi_S = a \cdot (t_N - t_S) = a \cdot t_{NS} \quad (\text{III})$$

Connaissant la valeur de « a », « d » étant connue (5 cm) et C aussi puisque la température est mesurée par ailleurs, FP1 utilise les relations (VII) et (VIII) du dossier technique pour déterminer les composantes du vent et, finalement, sa force et sa direction.

Nous nous proposons de déterminer par l'expérience la valeur de « a ».

5.1 Visualisez le signal T2 tout seul. Constatez qu'en réglant le temps d'inhibition de la synchronisation (menu HORIZONTAL) à 40 ms, le déclenchement de l'oscilloscope se fait **alternativement** sur les mesures élémentaires  $S \Rightarrow N$  et  $N \Rightarrow S$ .

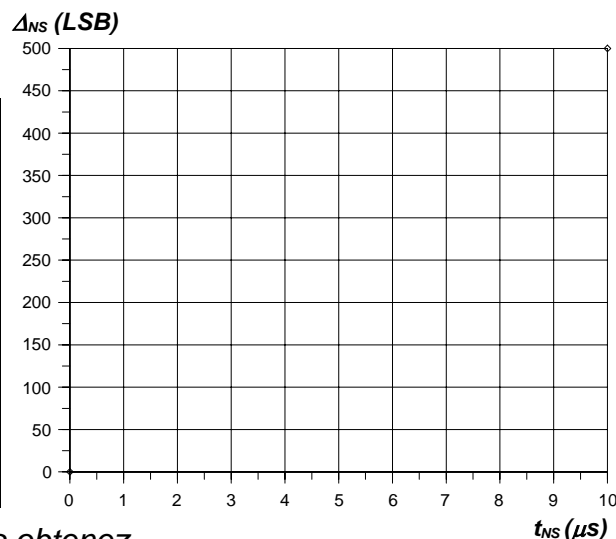
5.2 Synchronisez l'oscilloscope en mode externe sur T2 tout en gardant cette inhibition de 40 ms.

5.3 Visualisez les signaux RXUS et PHASE\_ACQ.

5.4 Créez un vent artificiel sur l'axe  $SUD \Rightarrow NORD$  exactement (aucune composante OUEST/EST). Constatez que grâce à l'alternance des synchronisations (temps d'inhibition de la synchro) et à la rémanence de l'affichage oscilloscopique (réglage de la persistance), on peut directement voir et mesurer à l'oscilloscope la différence des temps de propagation  $(t_N - t_S) = t_{NS}$ .

5.5 Complétez le tableau et le graphique ci-dessous.

Vent mesuré (km/h)	$\Delta_{NS}$ (LSB)	$t_{NS}$ ( $\mu s$ )
PC et/ou LCD	PC	oscilloscope
0		
5		
10		
15		
20		
25		



5.6 Précisez la valeur expérimentale de « a » que vous obtenez.

5.7 Quels sont à votre avis les deux paramètres du système qui définissent la valeur de « a ».