

Introduction. Cela ne sert pas à grand chose de posséder des capteurs donnant des informations météorologiques si ces données ne sont pas ensuite affichées sous forme de courbes et stockées sur de périodes mensuelles et annuelles.

On trouve dans les poubelles des Mac Plus et SE et des PC avec un processeur 486 en parfait état de marche qui s'avèrent être des gestionnaires de processus si on les dote d'interface avec un PicBasic et un peu d'électronique sur un de leur port série (chargeur de batterie, réaction chimique dont on contrôle la température et le Ph etc etc...). Les PicBasic 3 B et 3H pour un prix abordable permettent de fabriquer une interface de gestionnaire de processus en une journée contrairement aux Pics habituels qui n'ont pas de bootloader et dont la programmation et le réglage des paramètres en langage machine prend énormément de temps.

Ici est décrit une station météorologique complète qui transmet par radio des données. Je vois trois sources de difficultés :

- 1 - La confection des capteurs pluviométrie, vitesse et sens du vent demande du soin et de la patience et un bon sens de la récupération et d'inventivité. J'ai réalisé l'indicateur de sens du vent avec un moyeu de roue de vélo, le capteur et le roulement à bille du capteur de vitesse du vent avec un moteur pas à pas de disque dur, les 2 godets basculants du pluviomètre avec une plaque de plexiglas, des accessoires d'aquariophilie et des roulements à bille pour modélisme.
- 2 - Le calcul des fonctions qui transforment les valeurs transmises par le convertisseurs A/N MAX186 en valeurs lisibles (degrés Celsius, mm de mercure, mètres par seconde ...) demandent des connaissances telles que « trouver l'équation d'une droite passant par deux points notamment »
- 3 - Enfin le coût des pièces détachées est très approximativement de 200 Euros si l'on excepte le Mac ou le PC qui collectent et stockent les données et leurs programmes.

La station météo est constituée d'un PICBASIC 3B qui lit et écrit un MAX186 convertisseur A/D 12 bits et 8 voies, chaque voie du MAX186 reçoit un signal dont la ddp est comprise entre 0 et 4,095 volts et convertit cette ddp en valeur allant de 0 à $2^{12}-1$ c'est à dire 4095.

Avant d'entreprendre la réalisation de cet ensemble, procurez vous le MAX186 très difficile à obtenir, je ne peux pas vous donner de sources car on m'en a donné.

Le MAX186 reçoit en sur la voie 0 (patte 1) une ddp proportionnelle à la température (t), voie 1 la pression (p), voie 2 l'hygrométrie (h), voie 3 la luminosité (l), voie 4 la pluviométrie (n). Les deux dernière voies ne sont pas utilisées.

Le Picbasic reçoit aussi :

- des impulsions venant de l'anémomètre sur sa patte 6, impulsions qu'il compte. Voie (v).
- des impulsions sur la patte 13, dont il calcule la largeur et qui codent le sens du vent. Voie (s).

Codage des informations. On a 12 bits à transmettre pour chaque mesure sur une voie. La transmission sérielle ne comporte que 8 bits, on transmet donc les données en deux fois encadrées par des identificateurs qui vont permettre au programme receveur de s'y retrouver. Chaque transmission d'une voie comprend donc :

- un espace
- la lettre d'identification de la voie (t,p,h,l,n,v,s)
- un espace
- 8 bits dont les 4 derniers correspondent aux 4 premier bits de poids fort d'une voie.
- 8 bits correspondants aux 8 bits de poids faible d'une voie
- un caractère return et un caractère line feed

Le pic basic émet :

- les données des différents canaux sur un afficheur LCD sériel (patte 26, LCD display) situé dans la station, cela permet des diagnostics rapides.
- les données via un module AUREL sous forme sérielle à 4800 bauds à 433 méga Hertz

On capte ces données avec un récepteur AUREL , qui dispense des signaux TTL que l'on convertit en signaux RS232 qui aboutissent à un port série com2 : d'un PC ou d'un port modem d'un Mac Intosh plus ou SE avec un système 6.

Un logiciel affiche, fait des courbes et stocke les différentes données. J'ai écrit ce logiciel en Qbasic pour Mac et pour PC, en Le_Lisp pour Mac et en C Borland pour PC.

Un réseau de machines qui ne sera pas décrit ici (<http://www.self-programming-machines.org>) qui s'auto programment va bientôt établir des relations fonctionnelles entre ces différentes données.

Nous décrirons ensuite l'électronique et la mécanique des différents capteurs puis nous donnerons la méthode permettant d'établir les équations transformant les valeurs transmises par les voies en données lisibles.

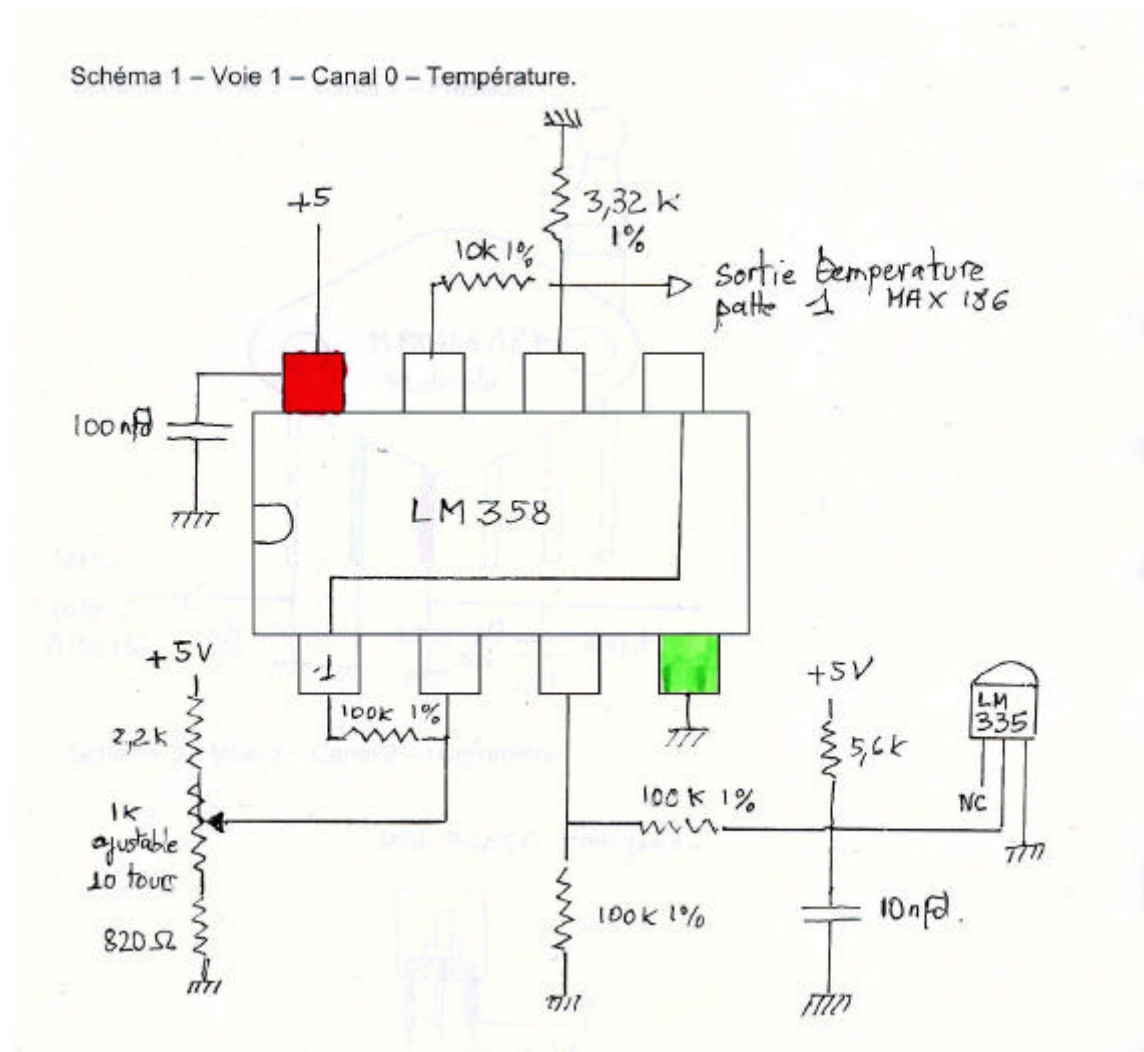
En dernière partie, le logiciel du PICBASIC et le logiciel Qbasic écrit pour les Mac Plus et SE.

1 – CAPTEUR DE TEMPERATURE.

Le LM335 délivre une tension proportionnelle à la température à raison de 10 millivolts par degré Kelvin. 0 degré Celsius (et non centigrade) correspond à +273 degrés Kelvin, on soustrait donc $273 \times 10 \text{ millivolts} = 2730 \text{ millivolts}$ à l'aide du premier ampli opérationnel du LM358 la quantité soustraite étant réglée par l'ajustable de 1 kilo ohms 10 tours, le plus simple est de mettre le montage à coté d'un thermomètre précis et de régler cet ajustable de façon à ce que la température donnée par notre montage coïncide avec celle du thermomètre pris comme référence. Une autre façon étant de placer le montage à 0 degré et de régler l'ajustable de façon à obtenir 0 volts, mais c'est assez malaisé.

Le deuxième ampli opérationnel du LM358 amplifie par 4,1 et nous aurons donc une tension de 40,1 millivolts par degrés Celsius avec 0 volt à 0 degré.

Notez bien les valeurs 1% des résistances



2 - CAPTEUR DE PRESSION.

Schéma 2 – Voie 2 – Canal 1 – Pression.

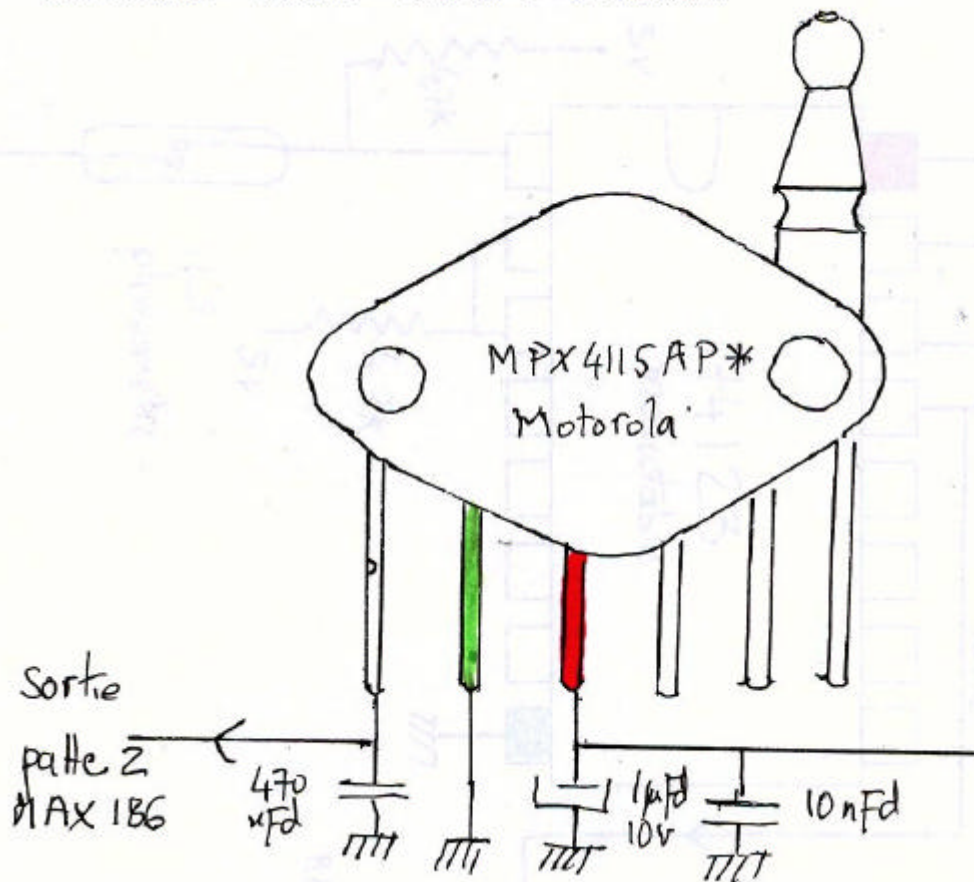
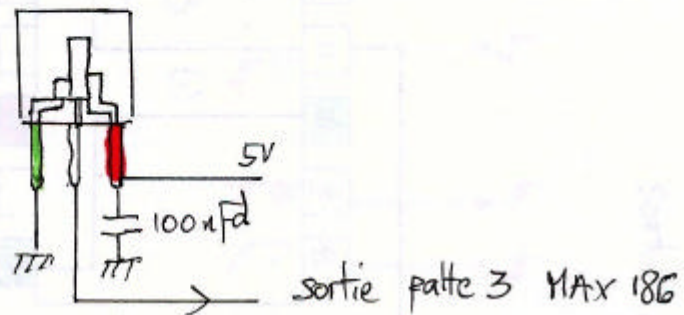
3 - CAPTEUR d'HYGROMETRIE.

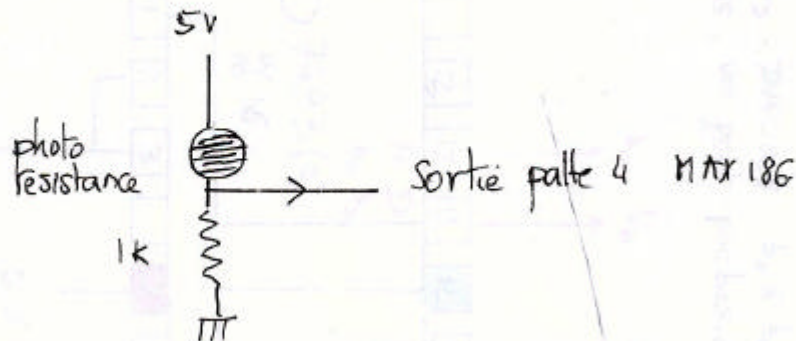
Schéma 3 – Voie 3 – Canal 2 – Hygrométrie.

HHT 3605A Honeywell



4 - CAPTEUR de LUMINOSITE.

Schéma 4 – Voie 4 – Canal 3 – Luminosité.



5 - LE PLUVIOMETRE.

Il s'agit de mettre en forme une impulsion issue lors du basculement du pluviomètre à l'aide d'un 74123 qui en outre élimine les faux contacts et rebonds.

Ensuite cette impulsion actionne deux diviseurs par 16 (7493) soit 256 ce qui nous donne une sortie parallèle sur 8 bits.

Primitivement la station était reliée par un câble au PC car le PC gérait les signaux qui font fonctionner le MAX186 et donc je ne devais avoir que des sources de données analogiques. Cette gestion était faite en Qbasic (montage dans un numéro du journal Elektor) et je l'ai réécrite en langage C de Borland, je peux donner les sources mais dans ce cas la station météo est reliée au PC par un câble qui comporte tous les fils d'un port sériel; c'est la raison pour laquelle j'ai disposé après les 7493 un convertisseur analogique digital 8 bits parallèle.

J'ai gardé ce montage car j'ai eu de la répugnance à le changer.

Mais il est farfelu de convertir le signal digital des 7493 en analogique qui va être reconverti en digital par le MAX186.

Je vous conseille donc d'attaquer directement le PicBasic sur 8 pattes constituant un port les données d0 à d7 (en rouge) issus des 7493 et de capter ces données et de les transmettre par les instructions

Nombre_basculements = BYTEIN(numero_port)

Cela vous évitera en outre d'avoir à fabriquer des sources de tensions -12 volts et 10 volts.

Mécanique du pluviomètre.(réalisation assez difficile)

J'ai proscrit les pluviomètres à comptage de gouttes par modification de la résistance entre deux électrodes quand une goutte tombe dessus car il faut avoir des électrodes inaltérables donc en métal précieux.

Il s'agit de deux godets solidaires pivotant autour d'un axe situé bien au dessous de leur centre de gravité. Quand les godets sont vides, il y a deux positions stables, si bien qu'il y a toujours un godet au dessus du trou d'arrivée de l'eau de pluie. Quand l'eau s'écoule, elle remplit le godet situé en position supérieure et quand le poids de l'eau est suffisant le godet supérieur bascule ce qui le vide et met l'autre godet en position supérieure. Une tige sur laquelle est fixée un aimant est solidaire de ces godets et quand le dispositif bascule, l'aimant passe devant un ILS situé au dessus de l'axe et qui fournit une impulsion à notre montage. (patte 1 du 74123).

Les godets sont faits en plexiglas (qui se casse facilement à la coupe à la scie à métaux) et collé à la colle Tangit, colle pour tuyaux PVC d'écoulement des eaux

L'axe de la partie mobile est monté sur de petits roulements à bille fournis par les marchands de modèles réduits.

J'ai aussi réalisé d'une autre façon ces godets en sciant de façon judicieuse les angles d'une boîte de disquette en plexiglas.

Le tout est monté dans un tupperware.

J'ai voulu obtenir un effet d'amplification en collectant la pluie non à partir d'un entonnoir mais d'une surface plus grande. J'ai donc pris un tiroir de réfrigérateur, incliné par des petites cales au coin duquel se trouve un trou et un tube de raccordement, auquel se raccorde un tuyau qui aboutit au sommet du tupperware juste devant les godets quand il sont en position supérieure. Cette tuyauterie et raccords ont été récupérés à des accessoires d'aquarium.

Enfin on dispose de petites cales dont la hauteur règle la quantité d'eau qui fait basculer chaque godet, il convient en effet que la quantité faisant basculer un godet soit égale à la quantité faisant basculer l'autre.

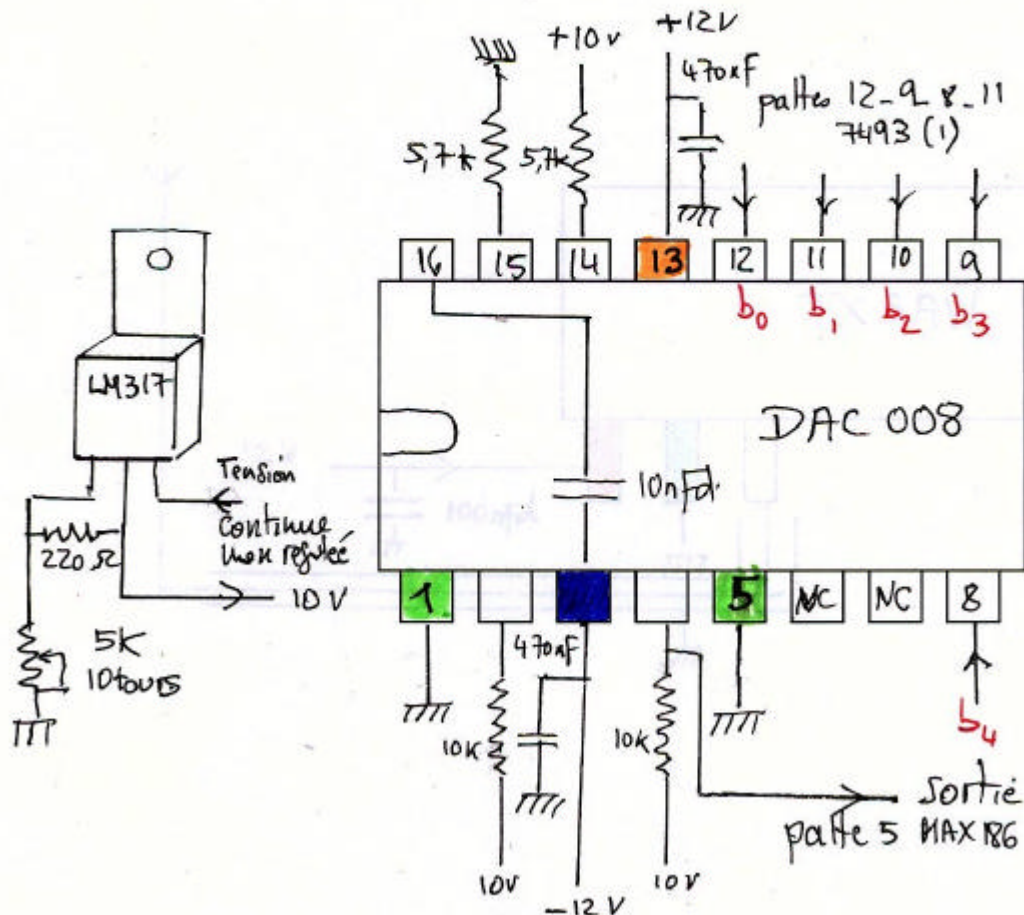
Quand tout sera fini, il convient de mesurer la contenance des godets. Une méthode consiste à prendre un compte goutte sachant qu'un centimètre cube d'eau fait 20 gouttes.

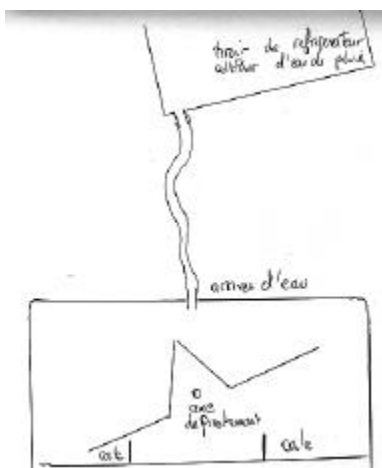
Je vous donne une idée du travail à faire à partir des valeurs de mon montage, vous en obtiendrez d'autres, seul le principe comptant.

Mon montage fait 14,7 cm³ par basculement, par ailleurs mon tiroir de réfrigérateur fait 716 cm²

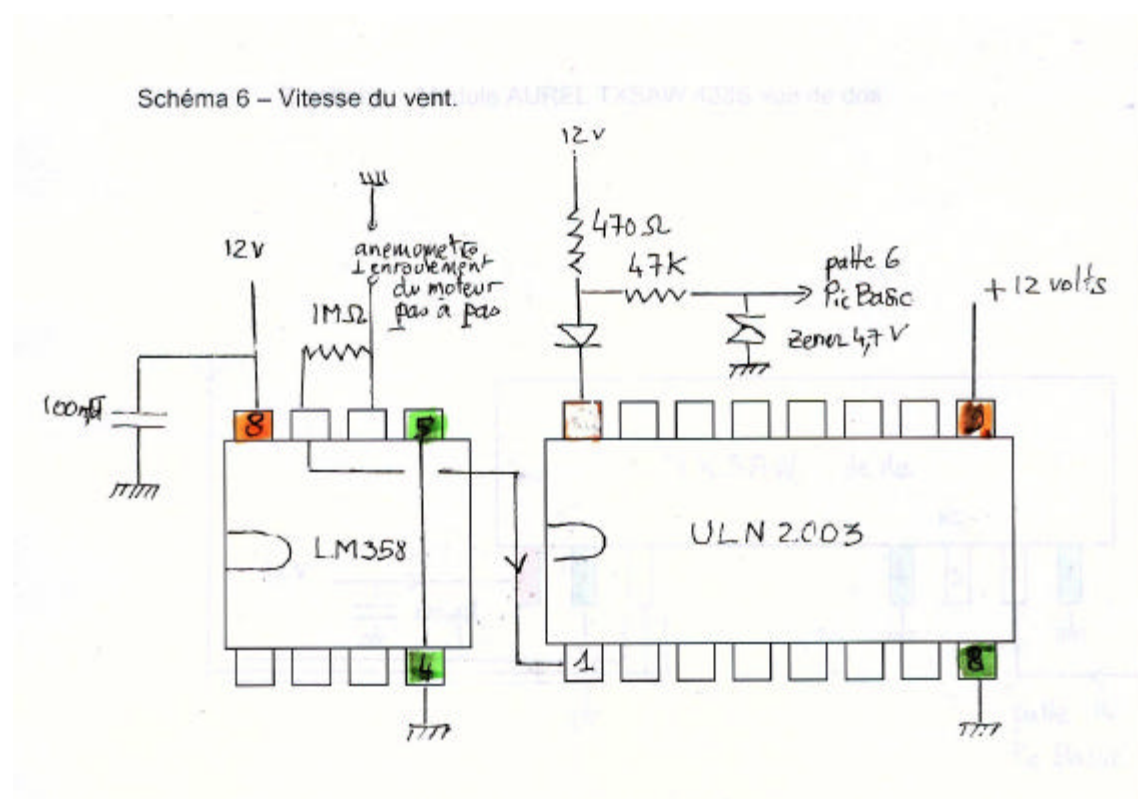
Une précipitation de 1 millimètre correspond à $716 \times 0,1 = 71,6$ centimètres cubes soit $71,6/14,7 = 4,87$ basculements. On tient compte de cette relation quand on fait le logiciel d'affichage dans le PC ou le Mac car on va afficher des millimètre de précipitation et non le décompte de basculements de godets.

Additif schéma 5 – Voie 4 – Décodeur D/A pluviomètre





6 - L'ANEMOMETRE.



Mécanique de l'anémomètre.(réalisation de difficulté moyenne)

On récupère d'abord un moteur qui actionne la rotation d'un disque dur. Avec l'ohmmètre on repère un enroulement de ce moteur. Si l'on dispose d'un oscilloscope, on voit une génération de sinusoïdes quand la sonde de l'oscillo est connectée à un enroulement et quand on tourne le plateau du moteur.

Avec le moteur dont je disposais, j'obtenais des sinusoïdes de 30 millivolts

Dans le fond d'un petit tupperware rond on perce un trou pour faire passer le plateau de ce moteur et des petits trous pour fixer le moteur au sommet.

On fabrique ensuite dans du plexiglass assez épais (1,5 mm par exemple) une pièce en croix dont chaque bras fait une douzaine de centimètres et dont le centre est circulaire s'adaptant au plateau du moteur. Aux extrémités des bras on place par des boulons/écrous en métal inoxydable (diamètre 3 par exemple, ne pas oublier les rondelles) des coupelles hémisphériques. J'ai récupéré des coupelles fermant des bols de soupe amincissante. Enfin j'ai disposé une coupelle au centre de la croix de façon à protéger des intempéries le moteur. A l'intérieur j'ai garni de colle (colle au pistolet thermique) la partie inférieure du moteur.

7 - SENS DU VENT.

Mécanique de la girouette.(réalisation facile)

On récupère un moyeu de roue avant de bicyclette dont le roulement à bille. Il faut que les roulements ne soient pas abîmés. On coupe les rayons, on dépose les billes du roulement on nettoie les billes et les rigoles ou roulent les billes au white spirit et on remonte après avoir mis de la graisse rouge, il ne faut pas serrer le roulement qui doit pouvoir tourner à la moindre sollicitation.

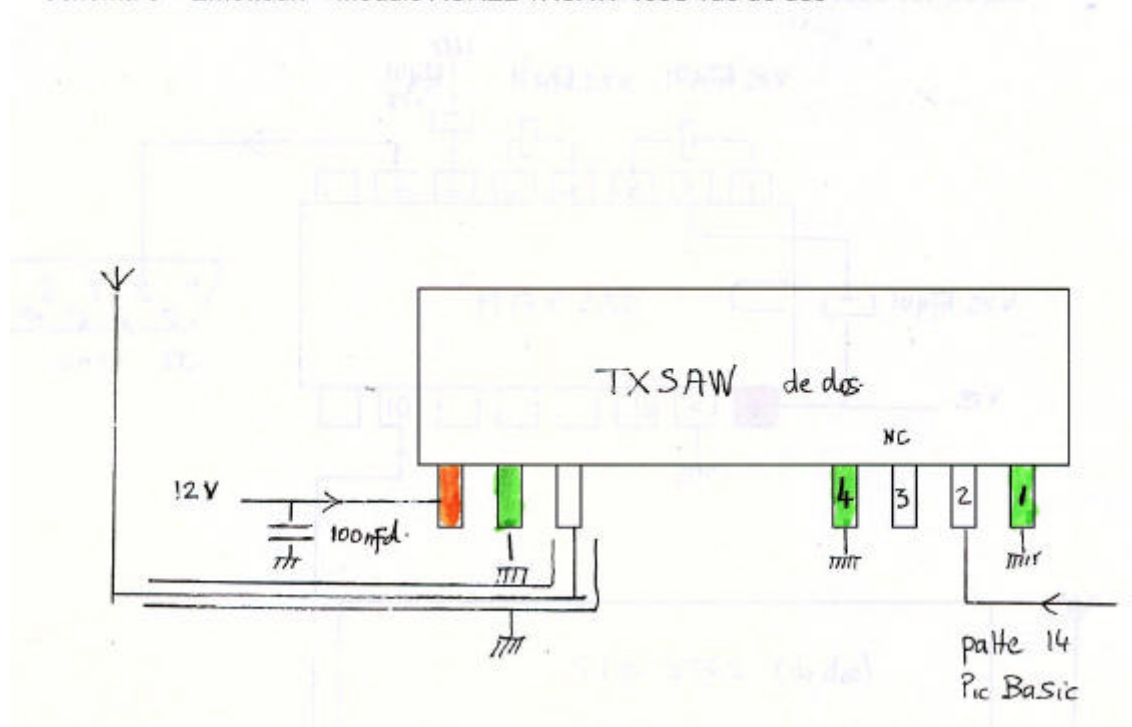
Dans un tupperware rond de grande contenance style saladier on fait un trou au fond pour que le moyeu puisse sortir et des petits trous pour fixer le moyeu.

On prend un morceau de plexiglas épais (3 mm par exemple) de 2 cm de large et de 30 de long.

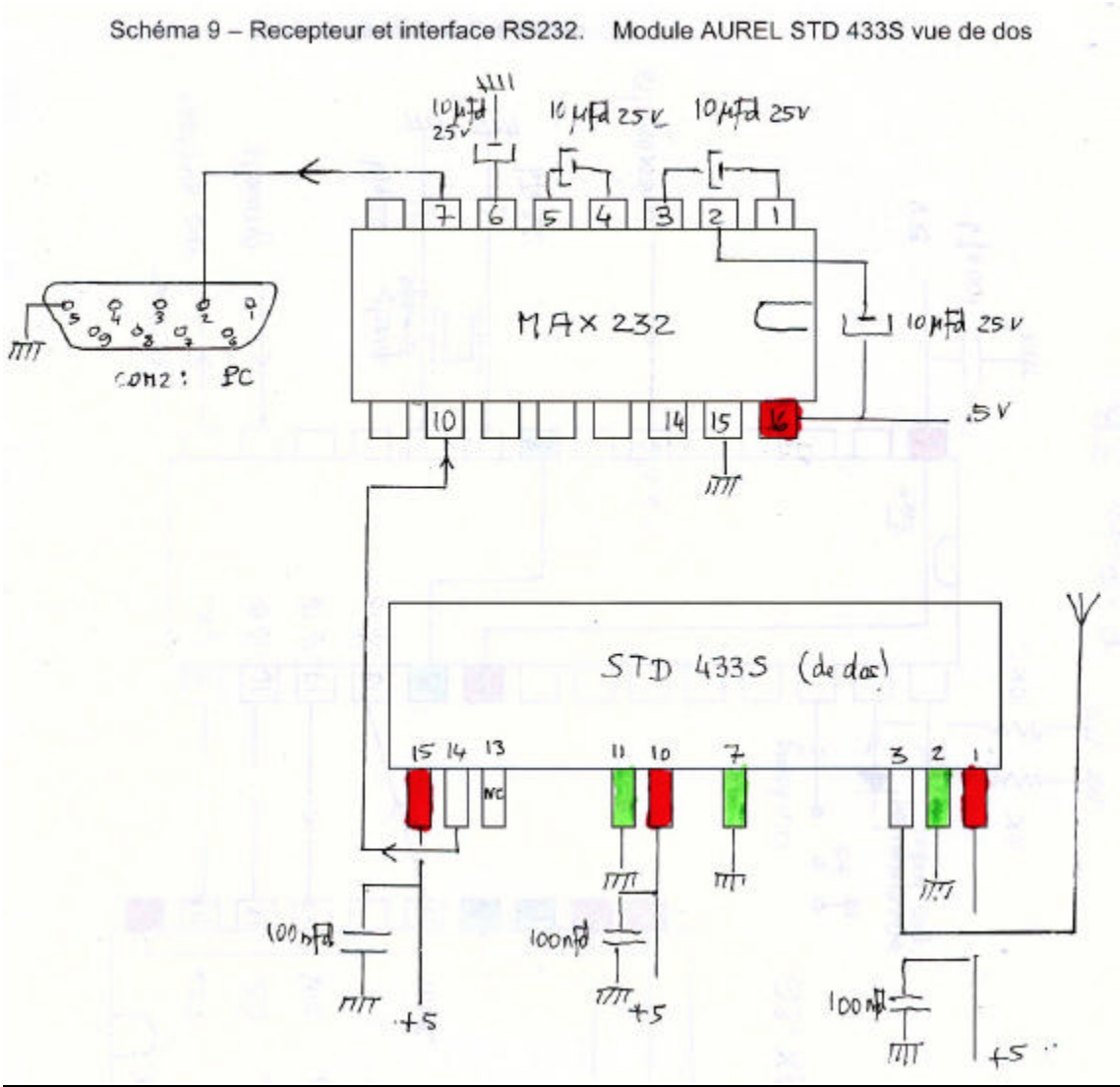
Un trou médian doit permettre de solidariser cette règle avec l'axe du moyeu de roue. Une fente verticale et de 1 mm d'épaisseur et de 15 cm de long permet de faire passer une sorte de pétale en plexiglas de 1 mm d'épaisseur qui constitue la pièce qui permet la prise au vent de la girouette.

8 – L'EMETTEUR.

Schéma 8 – Emetteur. Module AUREL TXSAW 433S vue de dos



9 – LE RECEPTEUR.



```
'
      mercredi 8 janvier 2003
'    station meteo avec un PicBasic 3B et un MAX186
'
```

```
'station meteo complete
'MAX186 comme convertisseur A/D 8 canaux 12 bits
'PicBasic 3B comme controleur de la station.
'vitesse du vent et sens du vent non traites ici. Traite ulterieurement.
'ch0 temperature, ch1 pression, ch2 hygrometrie, ch3 luminosite,
'ch4 pluviometrie (n comme niveau de pluie)
'le nombre de pas sur chaque canal est affiche sur le LCD serie
'les informations sont envoyees via un module Aurel a 4800 bauds
'recueil sur com2: d'un PC ou modem d'un mac
'logiciel de traitement apres reception developpe
'en langages: Qbasic, Le_Lisp et en langage C Borland
```

```
10    const byte ch=(142,206,158,222,174,238,190,254)
15    const byte tab=("t","p","h","l","n","s","-","-")
20    dim val_ch as byte, n_ch as byte,lettre as byte,low as byte,high as byte
30    dim result as integer
40    out 13,1          'CS barre a 1 on isole le MAX186
50    lcdinit
60    for n_ch=0 to 7          'pour chacun des 8 canaux
70        out 13,0          'CS barre a 0 selection de MAX186
80        val_ch=ch(n_ch)
85        lettre=tab(n_ch)
90        shiftout 12,14,1,val_ch  'instructions pour le MAX186
100       delay 10
110       result=shiftin (12,15,3,12) 'resultat de la conversion
120       out 13,1
130       gosub display
135       gosub send
140       delay 1500
150       next n_ch
```

```
display:          'programme d'affichage sur LCD serie
```

```
500    locate 0,0
510    print "ch ",dec(n_ch,1),",", " ,lettre,"=",dec(result,4,1)
520    return
```

```
'envoi a l'emetteur AUREL sous 4800 bauds
```

```
'comme il y a 12 bits a transmettre et qu'un mot serie fait 8 bits on
```

```
'transmets les 8 bits de poids faible, puis les 4 bits de poids fort
```

```
send:
```

```
600    low=result          'bits de poids faible
610    result=result >> 8    '8 decalages a droite
620    high=result          '4 bits de poids fort
625    serout 11,207,0,10,[ " ",lettre," "] 'on envoi un espace, la lettre 'designant le canal, et un espace
630    serout 11,207,0,10,[hex (high)] 'on transmet les bits de poids fort
640    serout 11,207,0,10,[hex (low),10,13] 'on transmet les bits de poids 'faible puis un return et un
line feed
650    return
```

```
*****
' Fichier en Qbasic pour Mac Plus ou Mac SE avec systeme 6
'on capte sur le port serie MODEM
*****
```

```
chaine$="tphlns--" 'chaque caractere represente
'un identificateur de la voie transmise
'PRINT "chaine[2]",MID$(chaine$,2,1)
```

```
OPEN "com1:4800,n,8,1" AS #1
WHILE (INKEY$ <> CHR$(13))
'boucle infinie dont on sort en tapant return ou entree
'au clavier
param$=MID$(chaine$,1,1)
'param$ est egal a l'identificateur "t"
CALL faitresultat(param$,resultat0)
'on ramene le nombre correspondant a la temperature
'PRINT "resultat 0= ",resultat0
'equation transformant ce nombre en degres Celsius
temperature=((resultat0 * 100) / 3284 ) -50
PRINT "Temperature = ";
PRINT USING "##.#"; temperature;
PRINT " degres C"
```

```
'param$ est egal a l'identificateur "p"
param$=MID$(chaine$,2,1)
CALL faitresultat(param$,resultat1)
'on ramene le nombre correspondant a la pression
'PRINT "resultat 1= ",resultat1
'equation transformant ce nombre en mm de Hg
pression=((resultat1 * 1140) / 3890.25) + 10
cmhg=pression * .75
PRINT "Pression = ";
PRINT USING "###";cmhg;
PRINT " mm Hg"
```

```
param$=MID$(chaine$,3,1)
CALL faitresultat(param$,resultat2)
'on ramene le nombre correspondant a l'hygrometrie
'PRINT "resultat 2= ",resultat2
'equation transformant ce nombre en % d'humidite
hygrometrie=(resultat2 - 655.2) * ( 100 / 2572)
PRINT "Hygrometrie = ";
PRINT USING "##.#";hygrometrie;
PRINT " %"
```

```
param$=MID$(chaine$,4,1)
CALL faitresultat(param$,resultat3)
'on ramene le nombre correspondant a la luminosite
'PRINT "resultat 3= ",resultat3
lumiosite=resultat3
PRINT "Lumiosite = ";
PRINT lumiosite;
PRINT " lumens"
```

```
param$=MID$(chaine$,5,1)
CALL faitresultat(param$,resultat4)
'on ramene le nombre de basculements
```

```

'PRINT "resultat 4= ",resultat4
'on convertit resultat4 en nombre de basculements
pluviometrie=FIX ((-resultat4 2685.45) / 61.0137)
PRINT "Pluviometrie = ";
PRINT pluviometrie ;
PRINT " basculements"

PRINT ""
WEND
CLOSE #1 'quand on sort du programme, on ferme le port

```

```

'sous programme qui extrait 12 bits correspondant
'aux donnees transmises par une voie.
SUB faitresultat (t$,resultat) STATIC
a$=INPUT$ (1,1)
WHILE (a$ <> t$) 'tant que a$ n'est pas la lettre
'd'identification de la voie
a$ = INPUT$ (1,1)
WEND
LINE INPUT #1,a$ 'on charge la ligne correspondant
'aux donnees la voie et on extrait les 12 bits correspondants
'qui sont 3 caracteres b$,c$ et d$
a$=RIGHT$(a$,9)
'PRINT a$;
b$=MID$(a$,4,1)
c$=MID$(a$,7,1)
d$=MID$(a$,8,1)
'PRINT b$,c$,d$
'on convertit en decimal ces trois caracteres
CALL convert(b$,result)
val1 = result
CALL convert(c$,result)
val2 = result
CALL convert(d$,result)
val3 = result
'PRINT val1,val2,val3
resultat=256 * val1 + 16 * val2 + val3
END SUB

```

```

'sous programme qui a partir d' un caractere 0 a 9 et A a F
'correspondant a un symbole hexadecimal le convertit en valeur
'numerique decimale
SUB convert(z$,valeur) STATIC
IF (z$ = "A") THEN
    valeur=10
ELSEIF (z$="B") THEN
    valeur=11
ELSEIF (z$="C") THEN
    valeur=12
ELSEIF (z$="D") THEN
    valeur=13
ELSEIF (z$="E") THEN
    valeur=14
ELSEIF (z$="F") THEN
    valeur=15
ELSE

```



```
    valeur=VAL(z$)  
END IF  
END SUB
```