

Section : <b>S</b>	Option : <b>Sciences de l'ingénieur</b>	Discipline : <b>Génie Électrique</b>	
<b>Affichage numérique de la vitesse du vent</b>			
Domaine d'application : <b>Traitement du signal</b>	Type de document : <b>Synthèse de T.P.</b>	Classe : <b>Terminale</b>	Date :

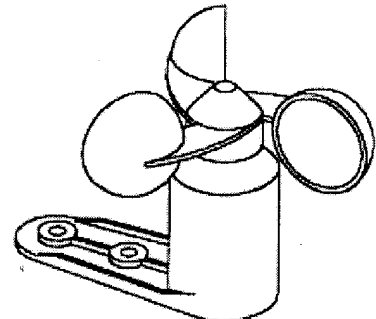
## I - Principe du traitement du signal issu de l'anémomètre

Grâce à un dispositif constitué de deux aimants rotatifs et d'un I.L.S. fixe, l'anémomètre du store Somfy génère un signal électrique **V<sub>a</sub>** impulsionnel.

Chaque fois que la roue à aubes [la partie mobile de l'anémomètre] effectue 1 tour, **4 impulsions** se présentent sur le signal V<sub>a</sub>.

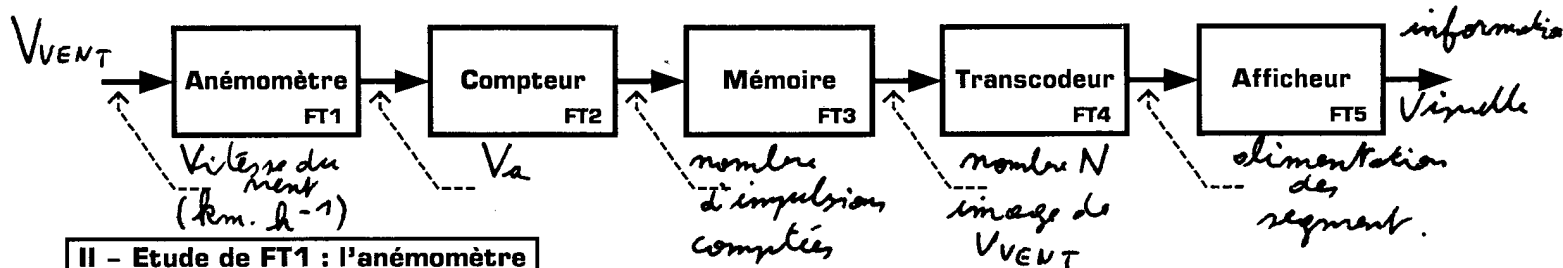
**Exemple :** si la roue à aubes tourne à une vitesse de 20 tours par seconde, le signal V<sub>a</sub> présentera 80 impulsions par seconde, soit une fréquence de 80 Hertz.

Pour connaître la vitesse du vent, le principe consiste à compter le nombre d'impulsions du signal V<sub>a</sub> durant une période fixe. Plus la roue à aube tourne vite, plus le nombre binaire N à la sortie du compteur sera grand à la fin de la période de comptage.



L'anémomètre coiffé de sa roue à aube

Le schéma fonctionnel suivant montre les 5 fonctions techniques permettant de convertir la vitesse du vent **V<sub>vent</sub>** en une information numérique destinée à être lu par un utilisateur humain :



## II - Etude de FT1 : l'anémomètre

L'anémomètre convertit la vitesse du vent **V<sub>VENT</sub>** en un signal rectangulaire **V<sub>a</sub>** comportant 4 périodes chaque fois que la roue à aubes fait 1 tour. La fréquence **f<sub>a</sub>** du signal **V<sub>a</sub>** est donc proportionnelle à la vitesse du vent.

Lien entre la vitesse du vent **V<sub>vent</sub>** et la fréquence **f<sub>a</sub>** du signal V<sub>a</sub> :

avec  $R = 40 \text{ mm}$   
le rayon de la roue à aubes.

$$f_a = \frac{5}{9\pi R} \cdot V_{VENT} = 4,42 \cdot V_{VENT} \quad \left( \begin{array}{l} \text{de tail} \\ \text{ou dor} \end{array} \right)$$

## III - Etude de FT2 et FT3 : le compteur et la mémoire

Le compteur ne compte les impulsions de **V<sub>a</sub>** pendant un intervalle de temps fixe. A la fin de cet intervalle de temps, la valeur en sortie du compteur est mémorisée et le compteur est remis à zéro.

Sur le schéma fonctionnel ci-après, M est un signal rectangulaire périodique permettant de mémoriser la valeur N en sortie du compteur :

- \* Si M = 0 le compteur compte le nombre d'impulsion de V<sub>a</sub>
- \* A chaque front montant de M la valeur numérique N en sortie du compteur est mémorisée dans la mémoire
- \* Si M = 1 le compteur est remis à zéro [entrée RAZ]

Lien entre  $f_a$  et  $V_{VENT}$ :

\* Si  $V_{VENT} = 1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{donc } V_{VENT} &= 1000 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1} \\ &= \frac{1000}{3600} = \frac{5}{18} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

La circonférence de la roue est égale à  $2\pi R$

donc la vitesse circulaire de la roue est:

$$V_{roue} = \frac{5}{2\pi R \cdot 18} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Donc  $V_a$  présente  $4 \times \frac{5}{2\pi R \cdot 18}$  impulsions par seconde

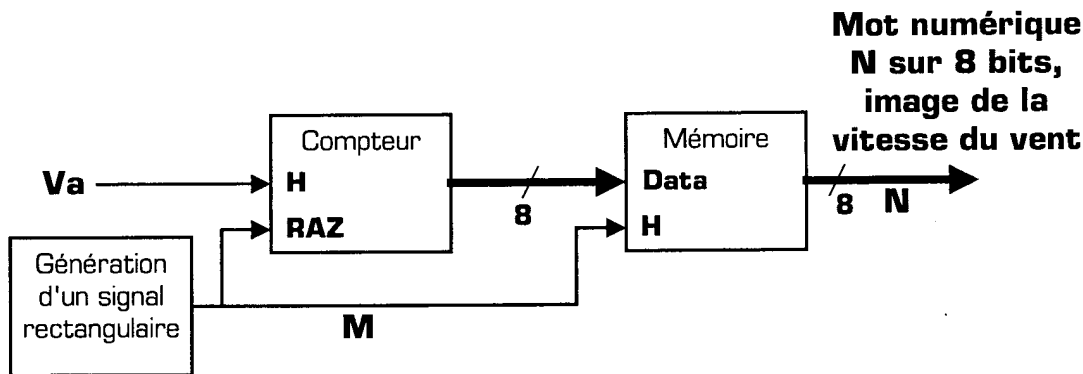
soit une fréquence  $f_a = \frac{5}{9\pi R} \text{ Hz}$  pour  $V_{VENT} = 1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

En général  $f_a = \frac{5}{9\pi R} \cdot V_{VENT}$

Sur le rotor  $R = 40 \text{ mm}$ , on en déduit que:

$$f_a = \frac{5}{0,36 \cdot \pi} V_{VENT}$$

$$\approx 4,42 \cdot V_{VENT}$$



Conversion de la fréquence  $f_a$  du signal  $V_a$  en un mot binaire  $N$

Le mot binaire  $N$  reste fixe durant une période de  $M$ , et est rafraîchi à chaque front montant de  $M$ .

**Réalisation des fonctions FT2 et FT3 :**

FT2 peut être réalisée avec le compteur intégré 4040, possédant une entrées d'horloge active sur front descendant, une entrée de remise à zéro [R.A.Z.] active au niveau haut, et 12 sorties  $Q_0$  à  $Q_{11}$  [seules les 8 premières sorties de poids faible  $Q_0$  à  $Q_7$  seront utilisées].

FT3 doit mémoriser un mot binaire de 8 bits. Elle peut être réalisée avec 8 bascules D [circuit CMOS 4013].

Le schéma structurel page suivante montre la réalisation des fonctions techniques FT2 et FT3. Sur ce schéma :

- \*  $V_a$  est le signal issu de l'anémomètre [4 impulsions par tour]
- \*  $M$  est un signal périodique rectangulaire permettant de régler la fréquence de rafraîchissement du nombre  $N$ , ainsi que la précision de l'ensemble du montage
- \*  $B_0$  à  $B_7$  sont les 7 bits du nombre  $N$  [avec  $B_0$  le LSB et  $B_7$  le MSB]
- \* Le signal Reset permet de mettre à 0 les 8 bascules de FT3
- \* Le signal Set permet de mettre à 1 les 8 bascules de FT3

**Lien entre  $V_{vent}$  et  $N$  en fonction du temps bas de  $M$  :**

Le compteur ne compte que si  $M=0$ . Si  $M=1$  le compteur est bloqué avec toutes ses sorties à 0. Plus le temps bas  $t_b$  du signal  $M$  sera grand, plus la valeur  $N$  sera donc importante pour une même vitesse du vent  $V_{vent}$ . Prenons comme exemple 3 valeurs différentes pour le temps bas de  $M$  :

**Cas n°1 :** le niveau bas de  $M$  vaut :  $t_b = 1$  s

$V_{vent}$	10 km.h <sup>-1</sup>	20 km.h <sup>-1</sup>	30 km.h <sup>-1</sup>	40 km.h <sup>-1</sup>	50 km.h <sup>-1</sup>	60 km.h <sup>-1</sup>	70 km.h <sup>-1</sup>	80 km.h <sup>-1</sup>
Fréquence $f_a$ de $V_a$	44 Hz	88 Hz	133 Hz	176 Hz	221 Hz	266 Hz	309 Hz	352 Hz
$N$	44	88	133	176	221	266	309	352

**Cas n°2 :** le niveau bas de  $M$  vaut  $t_b = 500$  ms

limite des 8 bits

$V_{vent}$	10 km.h <sup>-1</sup>	20 km.h <sup>-1</sup>	30 km.h <sup>-1</sup>	40 km.h <sup>-1</sup>	50 km.h <sup>-1</sup>	60 km.h <sup>-1</sup>	70 km.h <sup>-1</sup>	80 km.h <sup>-1</sup>
Fréquence $f_a$ de $V_a$	44 Hz	88 Hz	133 Hz	176 Hz	221 Hz	266 Hz	309 Hz	352 Hz
$N$	22	44	66	88	110	133	154	176

**Cas n°3 :** le niveau bas de  $M$  vaut  $t_b = 2$  s

$V_{vent}$	10 km.h <sup>-1</sup>	20 km.h <sup>-1</sup>	30 km.h <sup>-1</sup>	40 km.h <sup>-1</sup>	50 km.h <sup>-1</sup>	60 km.h <sup>-1</sup>	70 km.h <sup>-1</sup>	80 km.h <sup>-1</sup>
Fréquence $f_a$ de $V_a$	44 Hz	88 Hz	133 Hz	176 Hz	221 Hz	266 Hz	309 Hz	352 Hz
$N$	88	176	266	352	442	532	618	704

**Remarque :** la mémoire FT3 étant sur 8 bits, la valeur du nombre  $N$  est limitée à  $2^8 - 1 = 255$

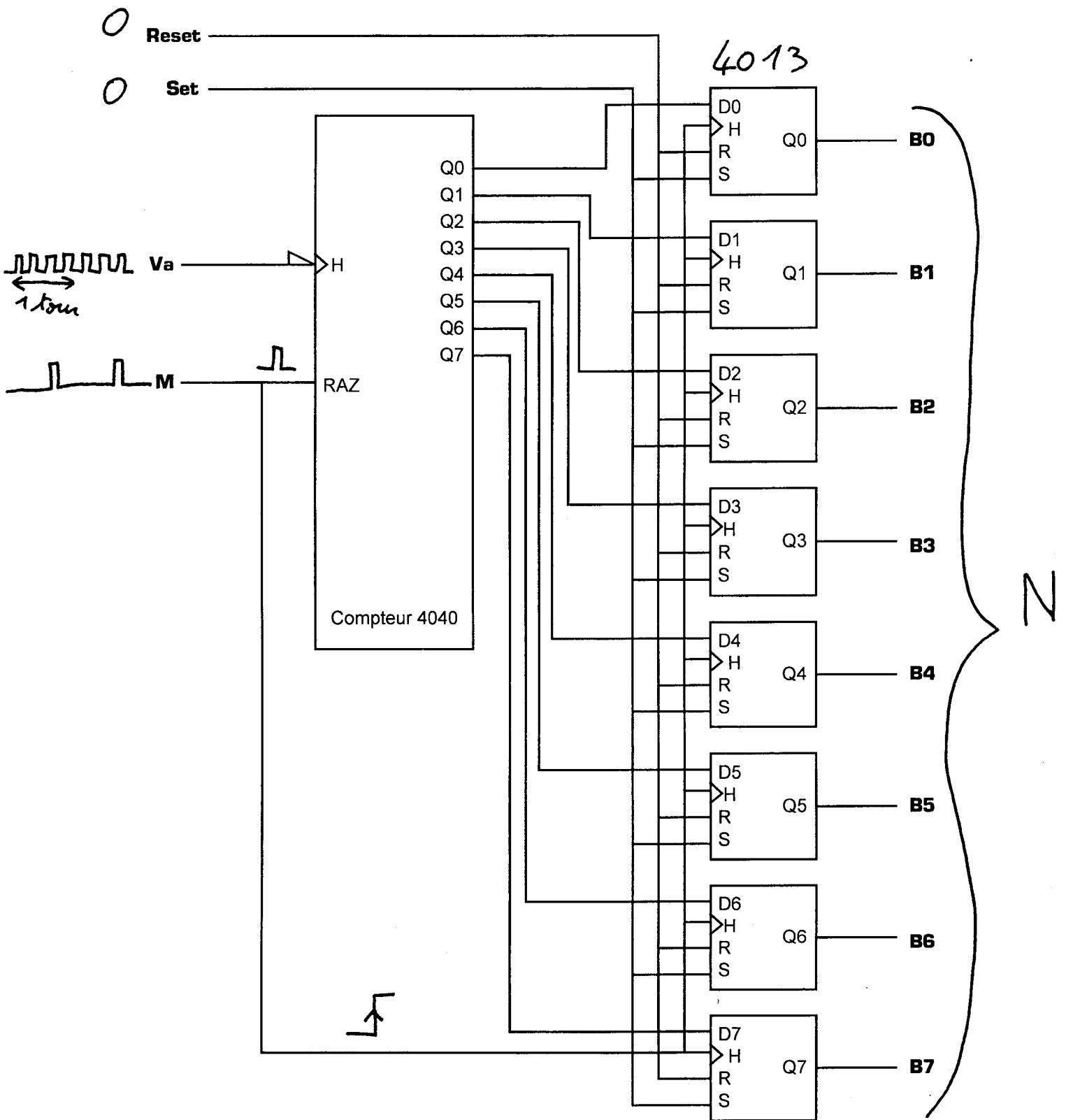


Schéma structurel de FT2 et FT3

#### IV - Etude de FT4 et FT5 : le transcodeur et les afficheurs

Le rôle du transcodeur est de convertir les 8 bits du nombre  $N$  afin d'alimenter les segments des afficheurs, donc le but de visualiser la valeur numérique de la vitesse du vent en  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Le nombre  $N$  étant compris dans l'intervalle  $[0 ; 255]$ , plusieurs solutions sont possibles pour afficher la vitesse du vent : on peut soit mesurer la vitesse entre  $0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  et  $255 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  avec une précision de  $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , soit mesurer la vitesse du vent entre  $0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  et  $127 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  avec une précision de  $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Cas n°1 :** on désire afficher la vitesse du vent entre 0 km.h<sup>-1</sup> et 255 km.h<sup>-1</sup> avec une précision de 1 km.h<sup>-1</sup> :

V <sub>vent</sub>	0 km.h <sup>-1</sup>	1 km.h <sup>-1</sup>	2 km.h <sup>-1</sup>	3 km.h <sup>-1</sup>	4 km.h <sup>-1</sup>	37 km.h <sup>-1</sup>	146 km.h <sup>-1</sup>	255 km.h <sup>-1</sup>
N	0	1	2	3	4	37	146	255
Valeur affichée	000	001	002	003	004	037	146	255

Dans ce premier cas la fonction FT5 est constituée de 3 afficheurs 7 segments, et possède donc 21 entrées :

Pour mesurer la vitesse du vent entre 0 km.h<sup>-1</sup> et 255 km.h<sup>-1</sup> avec une précision de 1 km.h<sup>-1</sup> le temps bas de M durant lequel le compteur compte les impulsions de Va doit avoir comme valeur :

$$t_b = \frac{1}{4,42} \Delta = 226 \text{ ms}$$



Affichage de la vitesse du vent en valeur entière sur 3 chiffres

q.c : V<sub>VENT</sub> = 255 → f<sub>a</sub> = 1127 → 4,42 fois moins  
 « il faut compter qu'une Δ pour avoir 255 impulsions »

**Cas n°2 :** on désire afficher la vitesse du vent entre 0 km.h<sup>-1</sup> et 127 km.h<sup>-1</sup> avec une précision de 0.5 km.h<sup>-1</sup> :

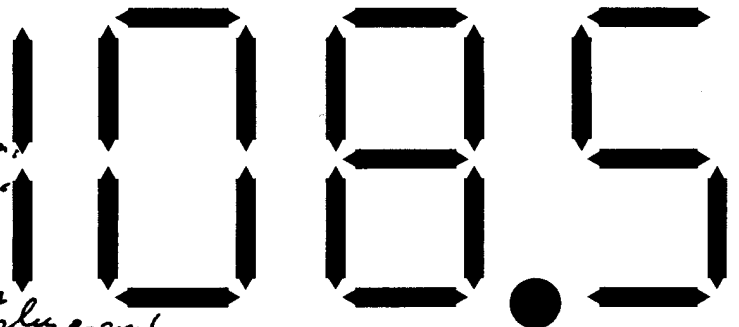
V <sub>vent</sub>	0 km.h <sup>-1</sup>	0.5 km.h <sup>-1</sup>	1 km.h <sup>-1</sup>	1.5 km.h <sup>-1</sup>	2 km.h <sup>-1</sup>	20 km.h <sup>-1</sup>	71.5 km.h <sup>-1</sup>	127 km.h <sup>-1</sup>
N	0	1	2	3	4	40	143	254
Valeur affichée	000,0	000,5	001,0	001,5	002,0	020,0	071,5	127,0

Dans ce second cas la fonction FT5 est constituée de 4 afficheurs 7 segments, et possède 28 entrées :

On peut remarquer que le premier afficheur (les centaines) affiche soit 0 soit 1, et que le dernier (la décimale) affiche soit 0 soit 5.

Pour la même valeur de N qui ou ce 1, ou 2 fois moins d'impulsion, il faut donc compter pendant un temps deux fois plus grand.

$$t_b = \frac{1}{2,21} = 452 \text{ ms}$$



Affichage de la vitesse du vent en valeur décimale [précision 0.5 km.h<sup>-1</sup>] sur 4 chiffres

**Cas n°3 :** on désire afficher la vitesse du vent avec une précision de 0.1 km.h<sup>-1</sup>, soit une mesure très précise :

V <sub>vent</sub>	0 km.h <sup>-1</sup>	0.1 km.h <sup>-1</sup>	0.2 km.h <sup>-1</sup>	0.3 km.h <sup>-1</sup>	0.4 km.h <sup>-1</sup>	6,3 km.h <sup>-1</sup>	12,7 km.h <sup>-1</sup>	25,5 km.h <sup>-1</sup>
N	0	1	2	3	4	63	127	255
Valeur affichée	000.	00,1	00,2	00,3	00,4	06,3	12,7	25,5

Dans ce dernier cas on doit avoir t<sub>b</sub> = 2,26 Δ... et la valeur maximale mesurable est V<sub>vent</sub> = 25,5 km.h<sup>-1</sup>

On peut constater sur les 3 cas précédents que la précision de la mesure et l'intervalle des valeurs mesurées sont deux contraintes contradictoires : plus la précision est grande, plus l'intervalle de mesure sera réduit. Si on veut disposer d'un montage permettant de mesurer la vitesse du vent avec une grande précision et dans un grand intervalle de valeur, il faut augmenter la taille du nombre N, et donc la capacité du compteur et de la mémoire.

Par exemple pour mesurer une vitesse comprise entre 0 km.h<sup>-1</sup> et 300 km.h<sup>-1</sup> avec une précision de 0.1 km.h<sup>-1</sup> il

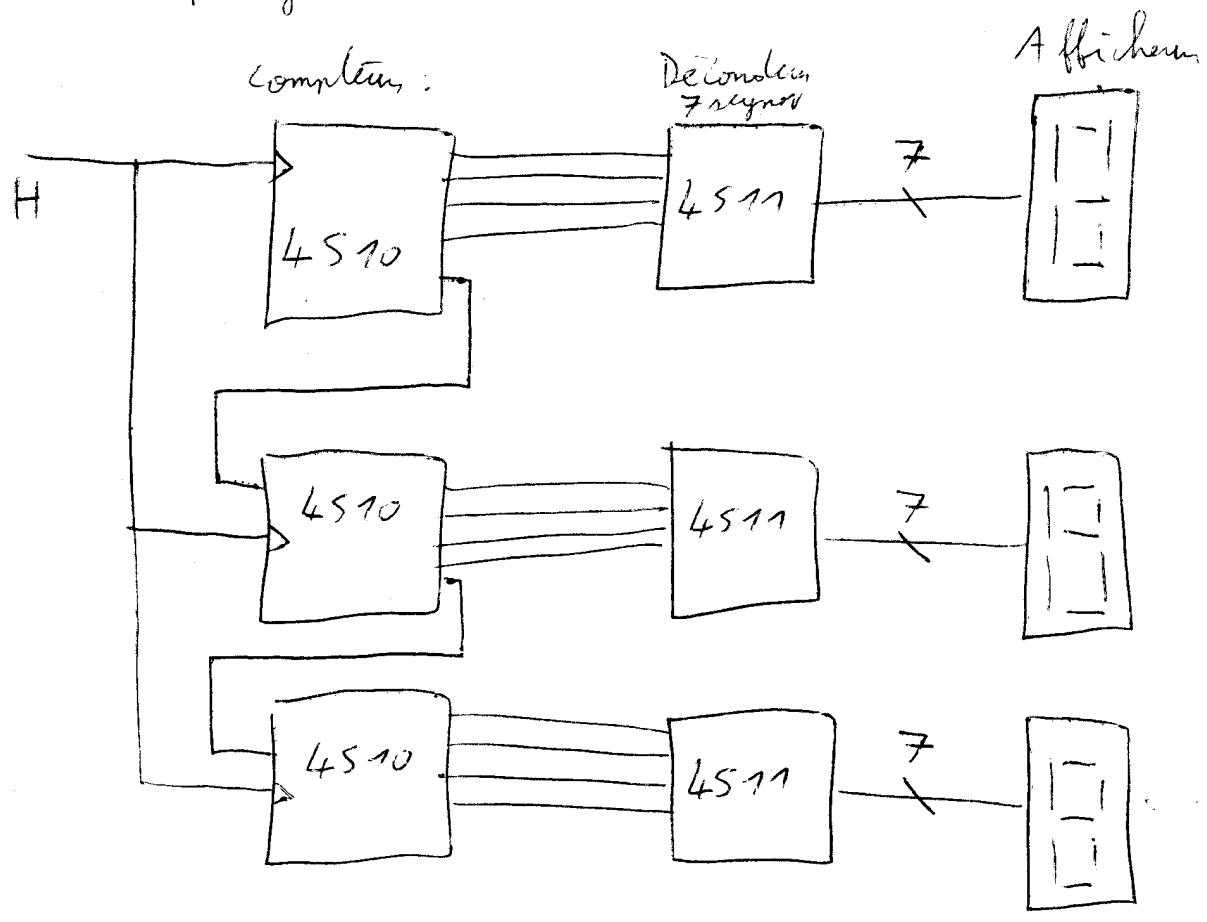
faudrait que le nombre N soit sur 12 bits et que t<sub>b</sub> = 2,26 Δ.....

définit l'intervalle de mesure → définit la précision

24-03-2010 | Solution pour afficher un nombre de 3 chiffres  
sur 3 afficheurs 7 segments à la sortie d'un compteur :

Il suffit de compter avec 3 compteurs BCD  
en cascade (ex: le 4510) et non un compteur  
linéaire comme le 4040!

Avec cette solution les unités, dizaines & centaines sont séparés  
dès le comptage.



**Retrouvez d'autres cours sur le site ressource**

**[www.gecif.net](http://www.gecif.net)**

**Téléchargez librement sur Gecif.net :**

- ✍ **des cours et des TP de Génie Electrique**
- ✍ **des exercices et des évaluations avec corrections**
- ✍ **des ressources Automgen, ISIS Proteus et Flowcode**
- ✍ **des QCM pour réviser les cours et vous entraîner**
- ✍ **des logiciels d'électronique pour les installer chez vous**
- ✍ **des dossiers techniques de systèmes originaux**
- ✍ **des fiches pratiques sur tous les domaines des sciences de l'ingénieur**
- ✍ **des sujets de BAC**
- ✍ **et bien plus encore sur Gecif.net !**