

Sciences de l'ingénieur

Classe : 2<sup>ème</sup> STE

Année scolaire : 10/11

Unité : ATC

Fonction : Acquérir

Série d'exercices N° : 1

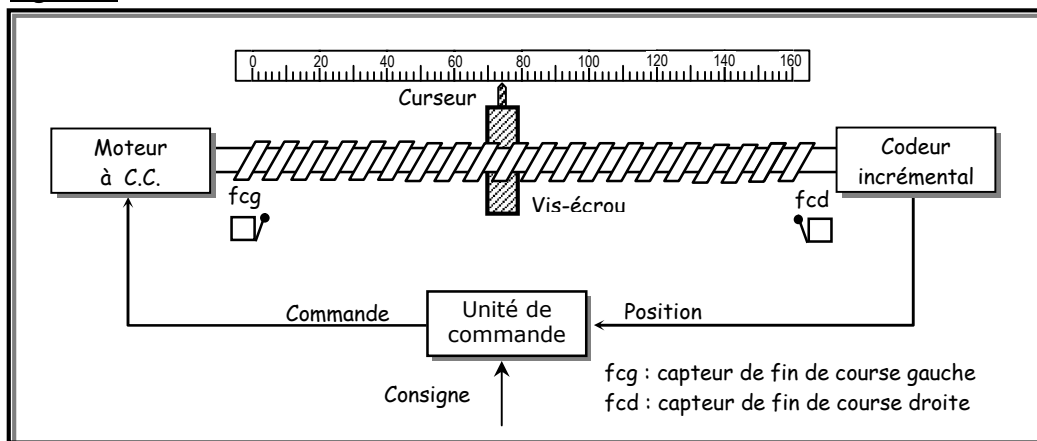
**Exercice 1 : Acquisition de la position linéaire d'un curseur**

Les asservissements numériques sont abondants dans le domaine industriel. On s'intéresse dans cette étude à l'asservissement de position. La structure du système est donnée à la figure 1. Sa description est comme suit :

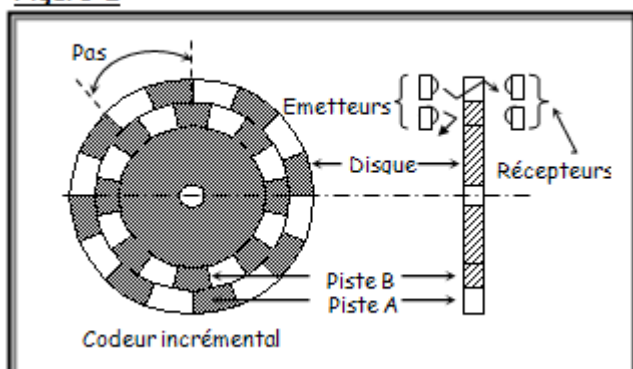
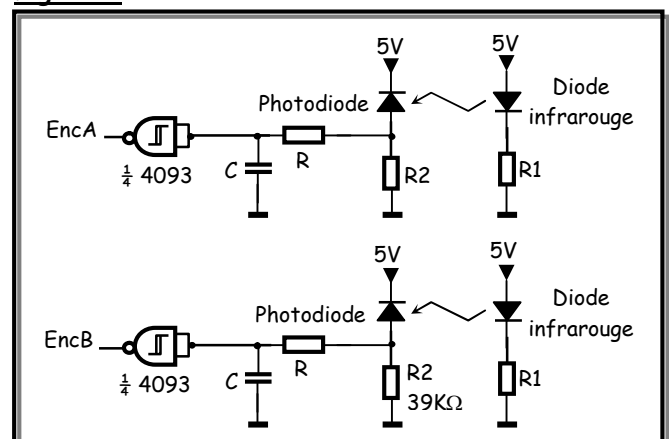
- ☑ Un curseur se déplace linéairement grâce à un système vis-écrou ;
- ☑ Le système vis-écrou est entraîné en rotation par un moteur à courant continu ;
- ☑ La position du curseur est captée par un codeur incrémental solidaire à l'axe du moteur ;
- ☑ La commande permet de comparer la position captée et la position de consigne, si les 2 positions sont égales, on arrête le moteur.

Comme le montre la figure 2, le captage de la position se fait à l'aide d'un codeur incrémental constitué de :

- ☑ Un disque contenant deux pistes A et B décalées et divisées chacune, en 16 secteurs équidistants et alternativement opaques et transparents ;
- ☑ Deux éléments optoélectroniques (une diode infrarouge et une photodiode) disposés de part et d'autre de chaque piste.

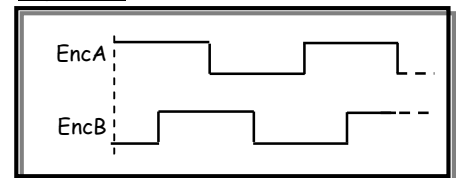
**Figure 1****Travail demandé**

1. Calculer la sensibilité de ce capteur et préciser son unité.
2. Calculer le déplacement minimal du curseur détecté par ce capteur sachant que le pas de la vis est de 5 mm.
3. Quel est le rôle du circuit RC et celui de la porte inverseuse de type "Trigger" ?
4. La photodiode est caractérisée par un courant  $I_D = 100 \mu A$  en éclairage et un courant  $I_D = 100 nA$  en obscurité. Sachant que  $V_{IH \min} = 3,5 V$  et  $V_{IL \max} = 1,5 V$  pour une porte CMOS avec  $V_{cc} = 5 V$ , vérifier le bon choix de  $R_2$ .

**Figure 2****Figure 3**

5. On suppose que le disque a subi une rotation d'un demi-tour dans un sens et d'un demi-tour dans le sens contraire, à une vitesse constante. Compléter les chronogrammes des signaux EncA et EncB correspondants à ce mouvement sachant qu'ils débutent comme le montre la figure 4.

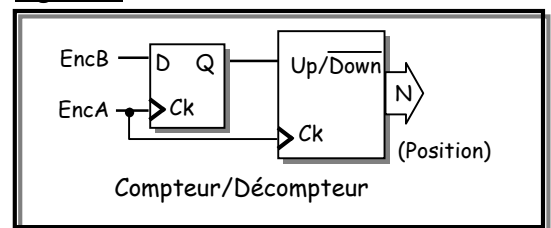
Figure 4



6. Le principe de la détermination de la position du curseur consiste, en l'accumulation des impulsions fournies par une piste, à l'aide d'un compteur/décompteur selon le montage de la figure 5.

Le compteur est incrémenté ou décrémenté suivant le sens de rotation donné par l'état du signal EncB à chaque transition positive du signal EncA.

Figure 5



61. Que représente alors le signal Q ?

62. Combien de tours fera le disque, pour que le curseur parcourra la course maximale de la vis, qui est de 160 mm ?

63. En déduire le nombre de bits nécessaire pour représenter la position.

7. Les fins de course du curseur sont contrôlées par deux capteurs fcg et fcd à contact ouvert au repos (voir figure 6). On note que :

- Pour un contact ouvert, on veut un « 0 » logique (0V) ;
- Pour un contact fermé, on veut un « 1 » logique (5V) ;

71. Proposer un schéma de câblage pour ces fins de course.

72. Quel rôle jouent aussi ces fins de course, en plus de la détection des limites ?

Figure 6



## Exercice 2 : Mesure de pression

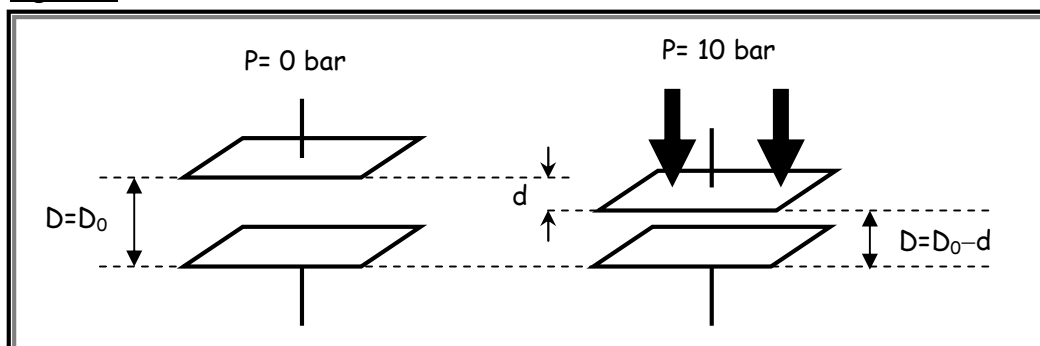
Le principe de la mesure de la pression repose sur la variation de la capacité  $C_m$  d'un condensateur plan (capteur).

La pression  $P$  à mesurer est appliquée sur l'une des armatures (armature mobile) de ce condensateur.

Sous l'effet de la pression  $P$ , cette armature se rapproche d'une distance  $d$  de la seconde armature qui reste fixe.

La modification de l'épaisseur  $D$  du diélectrique entraîne une variation de la capacité  $C_m$  (voir figure 7).

Figure 7



### Travail demandé

On admet que la loi qui lie  $d$  et  $P$  est de la forme  $d=k_1P$  avec  $k_1=0,1 \mu\text{m}/\text{bar}$ .

$D_0$  est l'épaisseur du diélectrique quand  $P=0$  bar :  $D_0=50 \mu\text{m}$ .

Le condensateur possède d'autre part les paramètres suivants :

- Surface  $S$  des armatures :  $S=1 \text{ cm}^2$ .
- Permittivité relative  $\epsilon_r$  du diélectrique :  $\epsilon_r=2,8$ .

1. Calculer  $D$  lorsque  $P=10$  bar.

2. On rappelle que l'expression de la capacité  $C$  d'un condensateur plan est  $C=(\epsilon_0 \epsilon_r S)/D$  avec :

- $S$  : surface des armatures exprimée en  $\text{m}^2$ .
- $D$  : épaisseur du diélectrique exprimée en m.

21. Montrer que l'on peut écrire  $C_m$  sous la forme :  $C_m=k_2/(D_0-K_1P)$ . En déduire l'expression littérale de  $k_2$  en fonction de  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon_r$  et  $S$ .

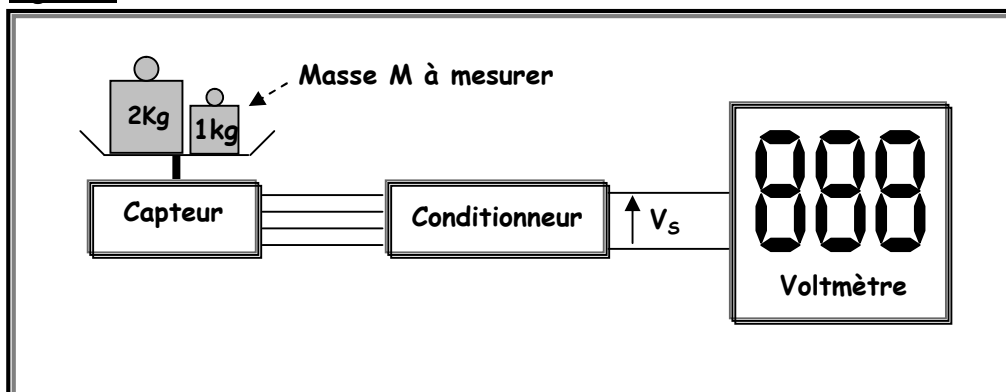
22. Vérifier que  $k_2 = 2,5 \times 10^{-15} \text{ S.I.}$  On rappelle que la permittivité du vide est  $\epsilon_0 = 8,84 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ .

3. Calculer  $C_m$  pour  $P=0$  bar et  $P=10$  bar.

### Exercice 3 : Mesure de masse

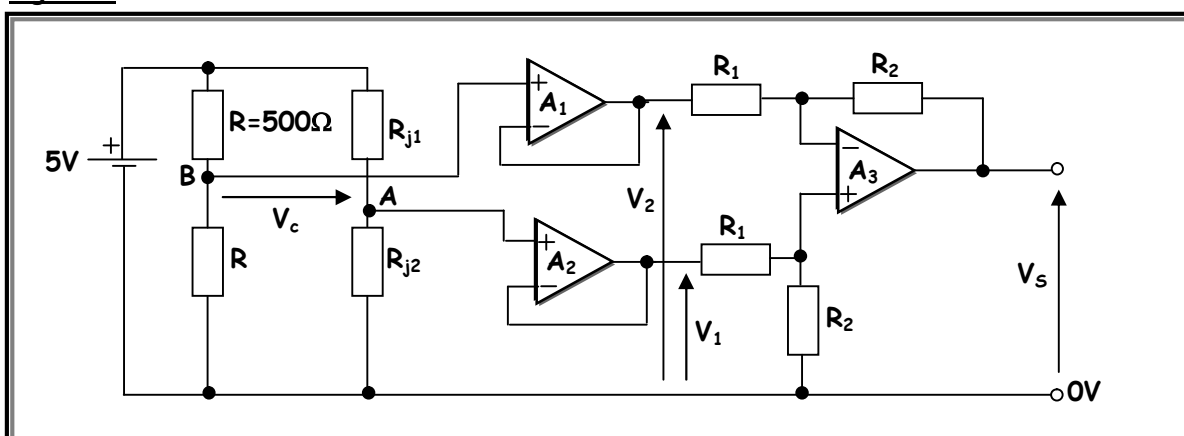
Le système de la figure 8 présente le schéma synoptique d'une balance à affichage numérique. Ce système permet d'acquérir la masse d'objets à l'aide de jauges de contrainte et de l'afficher via un voltmètre numérique.

Figure 8



Le conditionneur permet d'avoir une tension  $V_S$  image de la masse  $M$  à mesurer. Le schéma du montage d'un tel conditionneur est celui de la figure 9. On considère que les AOP sont parfaits.

Figure 9



#### Travail demandé

- Le montage de mesure est un pont de Wheatstone (voir figure ci-dessus). Les résistances de valeur  $R$  sont fixes et insensibles aux déformations, alors que  $R_{j1}$  et  $R_{j2}$  sont des jauges de contrainte de valeur  $R$  au repos qui passent respectivement à  $(R-\Delta R)$  et  $(R+\Delta R)$  sous l'action de poids. Au repos, le pont est en équilibre et donc  $V_C$  est nulle.
- Montrer que sous l'effet d'un poids, on a :  $V_C = (5/2) * (\Delta R/R)$ .
- Dans la partie linéaire du capteur,  $\Delta R$  est proportionnelle à la force  $F$  appliquée à une jauge :  $\Delta R = S * F$ , avec  $S = 200 \text{ m}\Omega/\text{N}$  (la sensibilité du capteur). Donner la nouvelle expression de  $V_C$  en fonction de  $F$ .
- La force  $F$  représente le poids de l'objet à mesurer [ $P = M * g$  :  $M$  masse (Kg) et  $g$  action de la pesanteur ( $10 \text{ N/Kg}$ )].
- Donner l'expression de  $V_C$  en fonction de la masse  $M$  à mesurer.
- Déduire la sensibilité du montage :  $S_C = \Delta V_C / \Delta M$ . Calculer  $S_C$  en indiquant son unité.
- Calculer la valeur de la tension  $V_C$  pour une masse  $M = 10 \text{ Kg}$ .
- Quelle est le rôle des AOP  $A_1$  et  $A_2$  tels quels sont montés ? Montrer alors que  $V_C = V_1 - V_2$ .
- Déterminer l'expression de  $V_S$  en fonction de  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $R_1$  et  $R_2$ . En déduire alors la fonction réalisée par l'AOP  $A_3$ .
- On pose  $V_S = k * V_C$ . Expliciter l'expression de  $k$ .
- On veut que la tension de sortie  $V_S$  soit de  $10 \text{ V}$  pour  $M = 10 \text{ Kg}$ . Faire le choix des résistances  $R_1$  et  $R_2$ .
- Proposer un montage permettant d'étalonner ce conditionneur, c'est-à-dire, avoir  $V_S = 10 \text{ V}$  pour  $M = 10 \text{ Kg}$ .
- Donner  $V_S$  en fonction de  $M$  et tracer la caractéristique  $V_S = f(M)$ .
- Sachant que la tension de saturation des AOP est  $V_{\text{sat}} = 12 \text{ V}$ , préciser alors la masse maximale mesurable  $M_{\text{max}}$ .

**Exercice 4 : Acquisition de la position angulaire d'une antenne parabolique**

Le captage de la position d'une antenne parabolique s'effectue à l'aide d'un capteur ILS (Interrupteur à Lames Souples), placé au voisinage d'un disque solidaire à l'axe du motoréducteur. Sur ce disque sont placés quatre aimants permanents comme l'indique la figure 10.

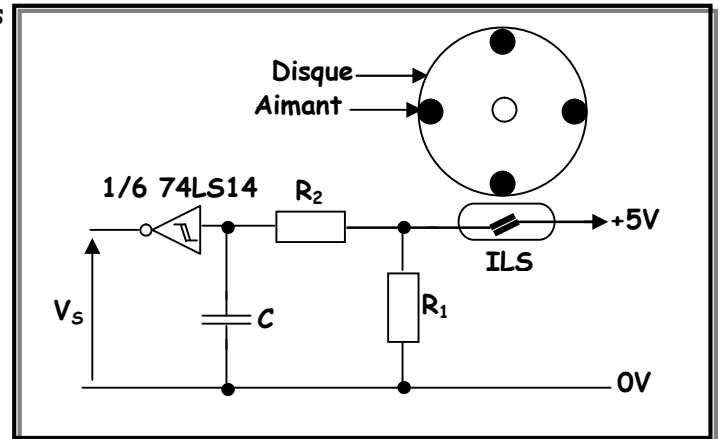
Un ILS est un capteur de proximité constitué de deux lames souples en acier scellées dans un tube de verre. Le contact formé par deux lames se ferme lorsque le capteur est en face d'un aimant (voir figure 10).

La rotation du moteur provoque la génération d'une trame d'impulsions dont le nombre est représentatif de l'angle parcouru par la parabole par rapport à une position de référence.

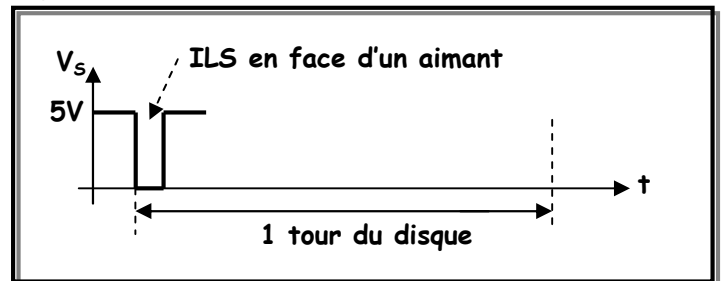
**Travail demandé**

1. Quel est le rôle du circuit  $R_2C$  et de la porte inverseuse triggérisée ?
2. Tracer à la figure 11 l'allure du signal  $V_s$  pour un tour du disque.
3. Quel est l'angle minimal qu'on peut détecter par ce capteur sachant qu'un tour du disque correspond à un angle de  $1,2^\circ$  ?
4. Chaque impulsion générée par le capteur incrémente la position actuelle de l'antenne si cette dernière tourne vers l'Ouest et la décréméte dans le cas contraire.
41. En prenant  $35^\circ$  Est comme position de référence et en s'aidant du graphique de la figure 12, compléter le tableau de la figure 13.
42. La course de la parabole est limitée entre  $35^\circ$  Est et  $35^\circ$  Ouest. Déterminer alors le nombre de bits nécessaire pour coder la position de la parabole.

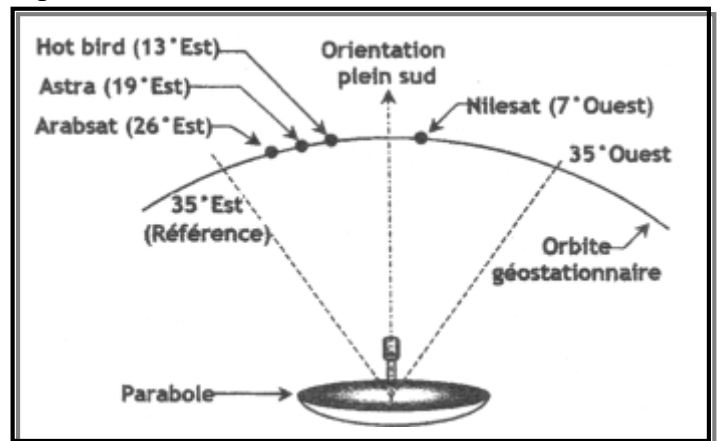
**Figure 10**



**Figure 11**



**Figure 12**



**Figure 13**

Satellite	Position par rapport au sud	Position angulaire par rapport à 35° Est	Nombre d'impulsions par rapport à 35° E (Position actuelle)
Limite Est	35° Est	0°	0
Arabset	26° Est	9°	30
Hotbird	13° Est		
Nilesat	7° Ouest		
Limite Ouest	35° Ouest	70°	233

**Exercice 5 : Mesure de température**

La température est captée par une résistance à coefficient de température négatif CTN.

Pour fournir une tension  $V_T$  image de la température, la CTN est utilisée comme le montre le schéma du montage de la figure 13 où le commutateur K est en position M « Mesure ».

On pose :  $Req_1=(R_1+P)$  et  $Req_2=(R_2//R_{CTN})$ .

Le tableau et le graphique de la figure 14 donnent la caractéristique  $R_{CTN}=f(T)$ ,  $Req_2=f(T)$  et  $V_T=f(T)$ .

L'expression de  $R_{CTN}$  en fonction de la température T est :  $R_T= R_{25} \cdot \text{Exp}[B((1/T)-(1/T_{25}))]$  avec :

- ☑ T : la température en °K (T en °K = T en °C + 273 °K) ;
- ☑  $R_{25}$  : la résistance à la température 25 °C ;
- ☑ B : la constante de la sensibilité thermique.

**Travail demandé**

1. Calculer la constante B.
2. Donner l'expression de  $Req_2=f(R_{CTN}, R_2)$  et  $V_T=f(Req_1, Req_2)$ .
3. D'après le graphe, quel est le rôle de la résistance  $R_2$ .
4. Donner l'équation  $V_T=f(T)$  et Déduire la sensibilité  $S_C=\Delta V_T/\Delta T$  en  $mV/^\circ C$  du montage autour de la CTN.
5. La notice du constructeur de la CTN indique que la relation entre la température ambiante et la  $R_{CTN}$  est valable pour un courant  $I_{CTN} \leq 0,5 \text{ mA}$ , sinon, un courant plus fort augmenterait la température de la CTN par effet Joule, ce qui fausserait la mesure. Vérifier cette condition en calculant  $I_{CTN}$  pour les cas limites.
6. La résistance  $Req_1$  doit être égale à  $8 \text{ K}\Omega$ . Pour calibrer la mesure de la température, on positionne le commutateur K en position C « Calibrage ». La résistance  $R_3$  correspond à la valeur de la CTN à  $22 \text{ }^\circ C$ . On ajuste alors P jusqu'à ce que la tension  $V_T$  soit égale à  $V_{22}$  à déterminer. Calculer la valeur de la résistance  $R_3$  et la valeur de la tension  $V_{22}$ .

Figure 13

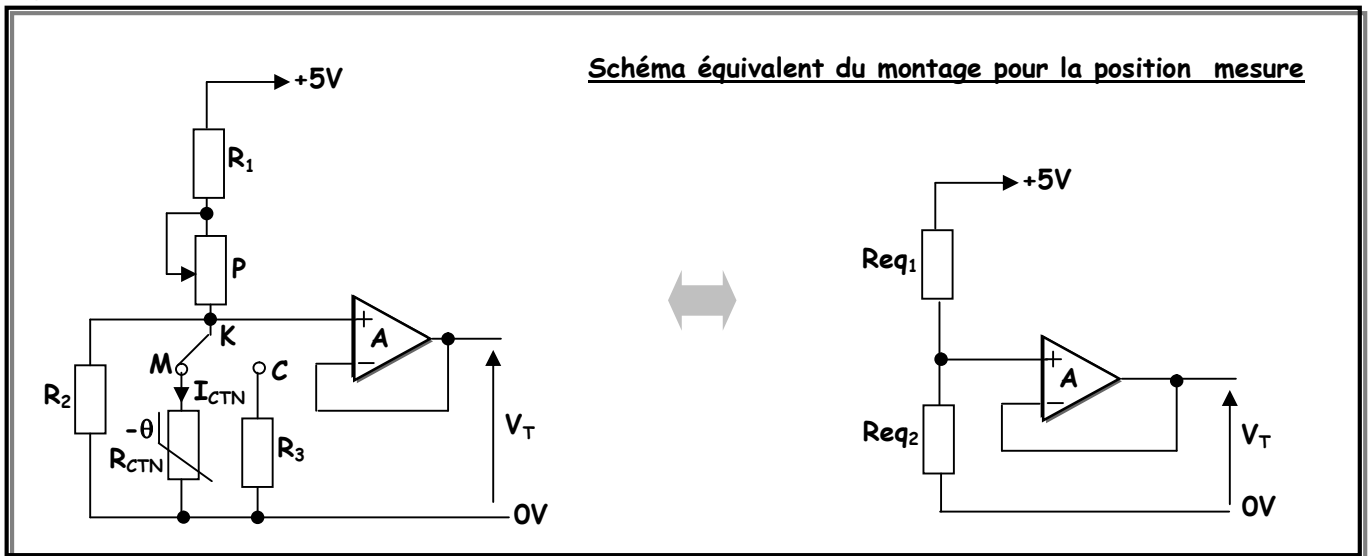
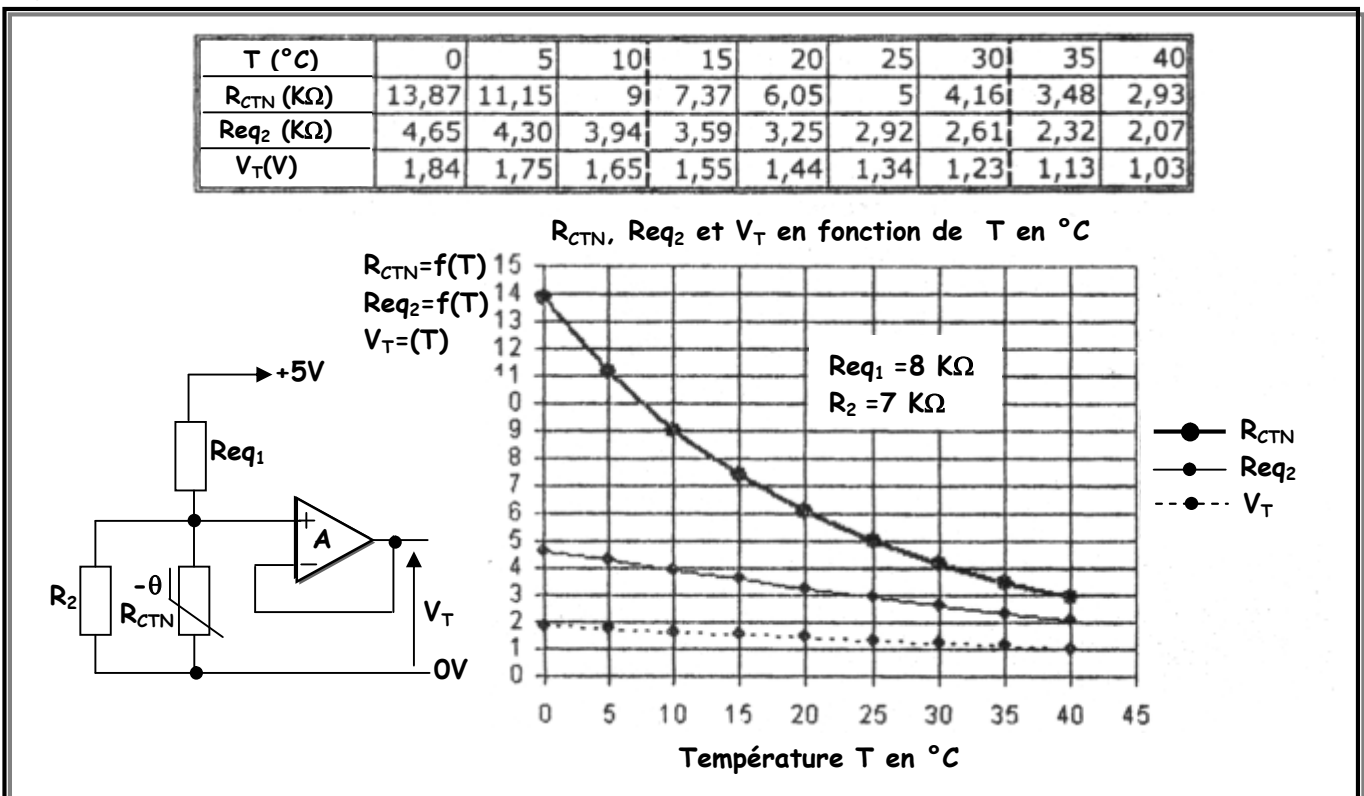


Figure 14



**Sciences de l'ingénieur**

**Classe : 2<sup>ème</sup> STE**

**Année scolaire : 10/11**

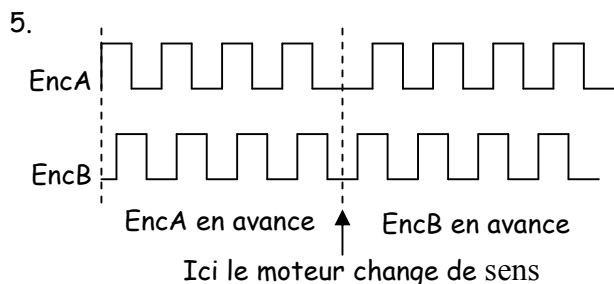
**Unité : ATC**

**Fonction : Acquérir**

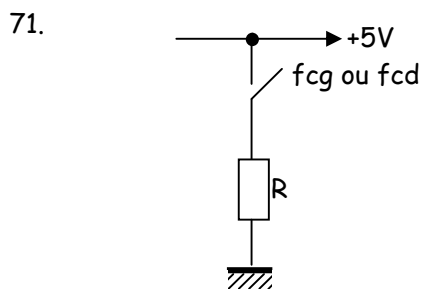
**Corrigé de la série N°1**

**Exercice 1**

- Sensibilité =  $360^\circ / 8 = 45^\circ$ .
- 1tour  $\rightarrow$  pas de la vis et  $45^\circ \rightarrow d$   
 $\Rightarrow d = (5 \cdot 45) / 360 = 625 \mu m$ .
- RC : filtre passe-bas pour éliminer les parasites.  
 Porte triggerisée pour la mise en forme.
- $V_{R2} = R_2 \cdot I_2$   
 $\checkmark$  Pour assurer l'état haut  $\Rightarrow V_{R2} \geq V_{IH_{min}}$   
 $\Rightarrow R_2 \cdot I_D(Ec) \geq V_{IH_{min}} \Rightarrow R_2 \geq V_{IH_{min}} / I_D(Ec)$   
 $\Rightarrow R_2 \geq 3,5 / 100 \cdot 10^{-6} \Rightarrow R_2 \geq 35 K\Omega$ .  
 $\checkmark$  Pour assurer l'état bas  $\Rightarrow V_{R2} \leq V_{IL_{max}}$   
 $\Rightarrow R_2 \cdot I_D(Ob) \leq V_{IL_{max}} \Rightarrow R_2 \leq V_{IL_{max}} / I_D(Ob)$   
 $\Rightarrow R_2 \leq 1,5 / 100 \cdot 10^{-9} \Rightarrow R_2 \leq 35 M\Omega$ .  
 $\checkmark$  On doit choisir  $R_2$  telle que :  $35 K\Omega \leq R_2 \leq 35 M\Omega$ .  
 $R_2 = 39 K\Omega$  est un bon choix.



- Q représente le sens de rotation.
- 1tour  $\rightarrow$  5mm et X.tours  $\rightarrow$  160mm  
 $\Rightarrow$  nombres de tours =  $X = 160 / 5 = 32$ .
- Position maximale =  $32 \cdot 8 = 256$  impulsions  $\Rightarrow$  8 bits.



72. Protection du moteur contre le calage.

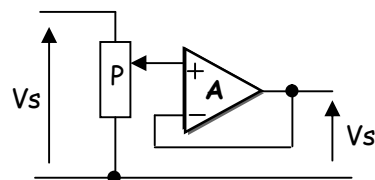
**Exercice 2**

- $D = 49 \mu m$ .
- $k_2 = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S$
- $P = 0 \text{ bar} \Rightarrow C_m = 50 \text{ pF}$  et  $P = 10 \text{ bar} \Rightarrow C_m = 51 \text{ pF}$ .

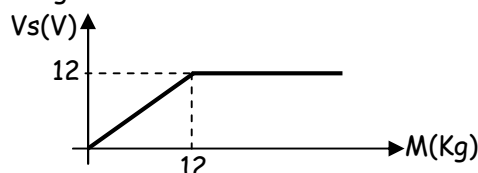
**Exercice 3**

- Pont diviseur aux point A et B  $\Rightarrow V_C = V_A - V_B = 5\Delta R / 2R$
- $V_C = 10^{-3} \cdot F$
- $V_C = 10^{-2} \cdot M$
- $S_c = 10 \text{ mV/Kg}$ .

- $M = 10 \text{ Kg} \Rightarrow V_C = 0,1 \text{ V}$
- $A_1$  et  $A_2$  sont montés en suiveur  
 $\Rightarrow$  Adaptation d'impédances
- $V_s = (R_2 / R_1) \cdot (V_1 - V_2) \Rightarrow$  Soustracteur
- $V_s = (R_2 / R_1) \cdot V_C \Rightarrow k = R_2 / R_1$
- $R_2 / R_1 = 100 \Rightarrow R_2 = 100 K\Omega$  et  $R_1 = 1 K\Omega$

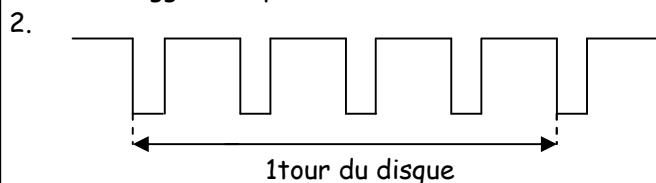


- $V_s = M$
- $M_{max} = 12 \text{ Kg}$ .



**Exercice 4**

- RC : filtre passe-bas pour éliminer les parasites.  
 Porte triggerisée pour la mise en forme.



- $\theta_{min} = 1,2 / 4 = 0,3^\circ$ .

41.

Satellite	Position par rapport au sud	Position angulaire par rapport à 35° Est	Nombre d'impulsions par rapport à 35° E (Position actuelle)
Limite Est	35° Est	0'	0
Arabset	26' Est	9°	30
Hotbird	13' Est	22	73
Nilesat	7° Ouest	42	140
Limite Ouest	35° Ouest	70"	233

42. le nombre de bits n est tel que  $2^n \geq 233 \Rightarrow n \geq 8 \text{ bits}$ .

**Exercice 5**

- $B = 3321,43 K$ .
- $Req_2 = (R_2 \cdot R_{CTN}) / (R_2 + R_{CTN})$   
 $V_T = (5 \cdot Req_2) / (Req_2 + Req_1)$
- $R_2$  linéarise la réponse en température du montage.
- $V_T = -0,02 T + 1,84$  avec  $V_T$  en Volt et T en degré.  
 $S_c = -20 \text{ mV/}^\circ C$
- $I_{CTN_{min}} = 1,84 / 13,87 \cdot 10^3 = 0,13 \text{ mA}$ .  
 $I_{CTN_{max}} = 1,03 / 2,93 \cdot 10^3 = 0,35 \text{ mA}$ .  
 $\Rightarrow$  Bonnes conditions de mesures.
- $R_3 = R_T(22) = 5,6 K\Omega$ .  
 $V_{22} = -0,02 \cdot 22 + 1,84 = 1,4 \text{ V}$ .