

**Exercice 1**

1) Le nombre de pas par tour  $N_{p/tr}$ .

$N_{p/tr} = m \times p \times K_1 \times K_2$  or  $m=4 ; p=1 ; K_1=2 ; K_2=1. N_{p/tr}=4 \times 1 \times 2 \times 1=8 \quad N_{p/tr}=8$

2) L'angle d'un pas en degré puis en radian.

$\alpha = \frac{360}{N_{p/tr}} = \frac{360}{8} = 45^\circ$

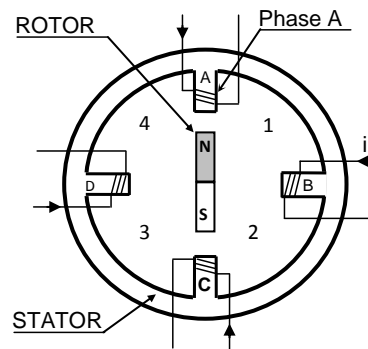
$\alpha = \frac{2\pi}{N_{p/tr}} = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4}$

**Exercice N°2**

1) **Rappel**



Fig-1-



| Phases excitées | Position du rotor |
|-----------------|-------------------|
| A-B             | 1                 |
| B-C             | 2                 |
| C-D             | 3                 |
| D-A             | 4                 |

Si on alimente une bobine (fig. 1) par un courant continu, le pôle nord est celui indiqué par le pouce de la main droite quand les autres doigts entourent la bobine dans le sens du courant.

2) La commutation de ce moteur est symétrique puisque à chaque pas on alimente le même nombre de phases dans ce cas on alimente toujours 2 phases

3) Nombre de phases est :  $m = 4$  ; le nombre de paire de pôles du rotor est :  $p = 1$

Le nombre de pas par tour est :  $N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2$  or  $K_1=1 ; K_2=1$  donc  $N_{p/t}=4 \times 1 \times 1 \times 1=4 \quad N_{p/t}=4$

**Exercice N°3 :**

1)  $m = 4$

$p = 1$

2)

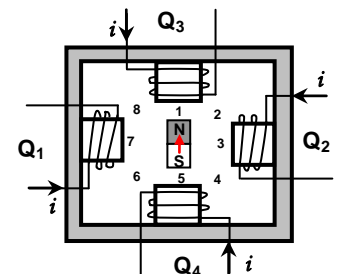
| Phases excitées |                |                |                | Position |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| Q <sub>1</sub>  | Q <sub>2</sub> | Q <sub>3</sub> | Q <sub>4</sub> |          |
| 0               | 0              | 1              | 0              | 1        |
| 0               | 1              | 1              | 0              | 2        |
| 0               | 1              | 0              | 0              | 3        |
| 0               | 1              | 0              | 1              | 4        |
| 0               | 0              | 0              | 1              | 5        |
| 1               | 0              | 0              | 1              | 6        |
| 1               | 0              | 0              | 0              | 7        |
| 1               | 0              | 1              | 0              | 8        |

3) Type de la commutation.

Commutation asymétrique

4°) Nombre de pas par tour ( $N_{p/t}$ )

$N_{p/t}=4 \times 1 \times 1 \times 2=8 \quad N_{p/t}=8$



**Exercice N°4 :**

1°/ Nombre de pas par tour.

$\alpha = \frac{360}{N_{p/tr}} \Rightarrow N_{p/tr} = \frac{360}{\alpha} = \frac{360}{3,75} = 96$

$N_{p/tr}=96$

2°/  $N_{p/tr} = m \times p \times K_1 \times K_2$  or  $m=8 ; p=12 ; K_2=1. N_{p/tr}=96$

$K_1 = \frac{N_{p/tr}}{m \times p \times K_2} \Rightarrow K_1 = \frac{96}{8 \times 12 \times 1} = 1$

$K_1 = 1$

Puisque  $K_1=1$  donc la commutation de ce moteur est **unidirectionnelle**

3°/ Le nombre de pas  $N_p$  à effectuer pour que le rotor tourne de  $375^\circ$ .

$$N_p = \frac{375}{\alpha} = \frac{375}{3,75} = 100 \text{ pas}$$

$$N_p = 100 \text{ pas}$$

4°/ Sachant que le moteur effectue **100 pas / s**.

4-1 Le moteur fait 100 pas par seconde donc la durée d'un pas est 0,01s c'est la période donc  $T=0,01s$  la fréquence est le nombre de période par seconde  $f=100\text{hz}$  donc le nombre de pas par seconde c'est la fréquence

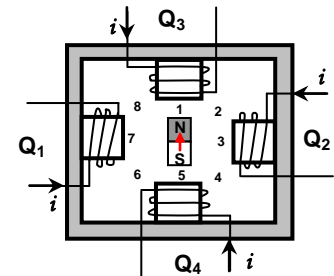
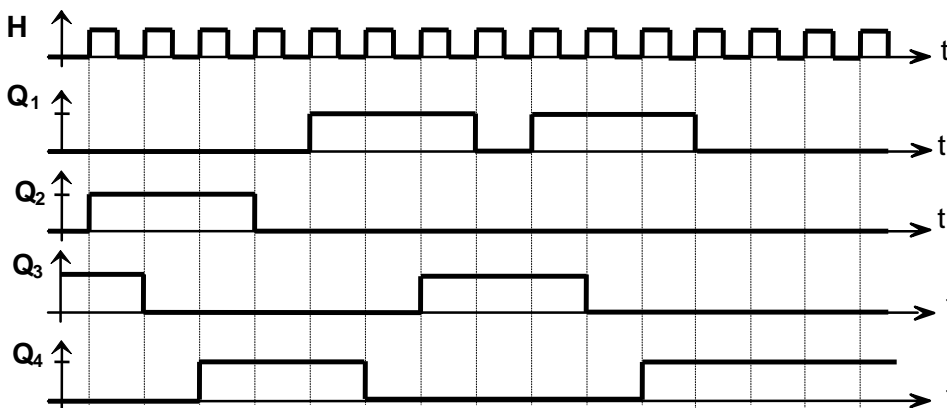
4-2 Le temps  $t$  en (s) mis pour que le rotor tourne de  $3000^\circ$  est :

$$t = N_p \times T \text{ cherchons le nombre de pas } N_p = \frac{3000}{3,75} = 800 \text{ pas} \quad t = 800 \times 0,01 = 8s \quad t = 8s$$

4-3 La vitesse  $n$  du moteur en  $\text{tr / mn}$  est :

$$n = \frac{f}{N_p/tr} \times 60 = \frac{100}{96} \times 60 = 62,5 \text{ tr/mn} \quad n = 62,5 \text{ tr/mn}$$

### Exercice N°5



- 1- Le nombre de phases est : 4
- 2- Le mode d'alimentation est : unidirectionnel
- 3- Le type de commutation est : asymétrique
- 4- Le pas angulaire : cherchons le nombre de pas par tour :

$$N_{p/tr} = m \times p \times K_1 \times K_2 \quad N_{p/tr} = 4 \times 1 \times 1 \times 2 = 8 \quad N_{p/tr} = 8$$

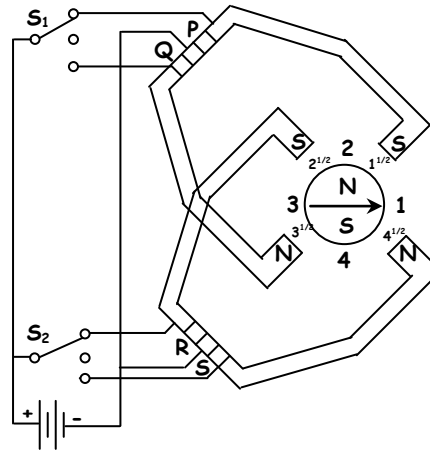
$$\alpha = \frac{360}{N_{p/tr}} = \frac{360}{8} = 45^\circ$$

- 5- Les positions prises par le rotor sont : (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (1), (8), (7), (6), (5), (5), (5)
- 6- Le moteur réalise un tour dans le sens horaire puis un demi-tour dans le sens antihoraire, et il s'arrête à la position 5

**Exercice N° 6**

1) Les phases excitées pour que le moteur fait un tour dans le sens antihoraire sont :

| Phases excitées | Position du rotor |
|-----------------|-------------------|
| P-R             | 1                 |
| R               | 1 <sup>1/2</sup>  |
| Q-R             | 2                 |
| Q               | 2 <sup>1/2</sup>  |
| Q-S             | 3                 |
| S               | 3 <sup>1/2</sup>  |
| P-S             | 4                 |
| P               | 4 <sup>1/2</sup>  |

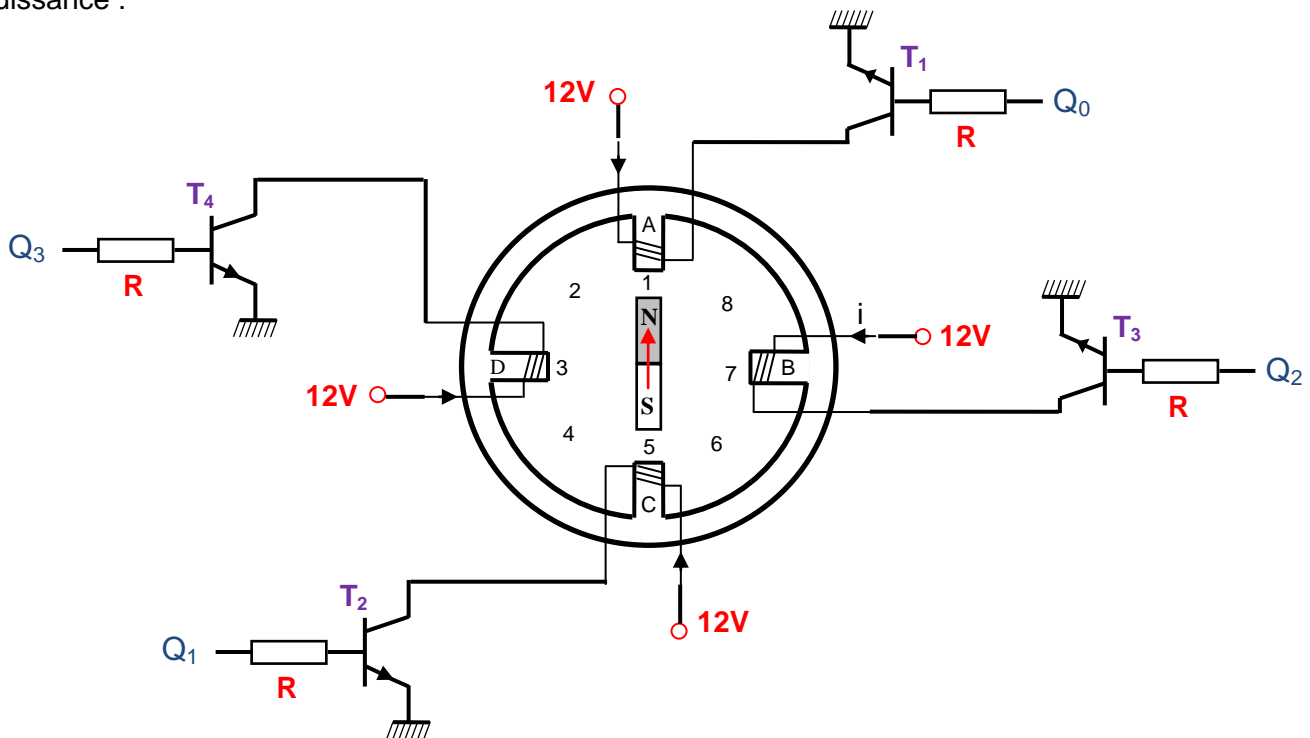


2)  $m = 4$        $p = 1$        $K1 = 1$        $K2 = 2$

3) Puisque le mode d'alimentation est unidirectionnel on utilise un transistor par phase  
le moteur possède 4phases donc on a besoin de 4 transistors

**Exercice N°7 :**

Un moteur pas à pas à aimant permanent est commandé par un compteur synchrone muni d'un étage de puissance :



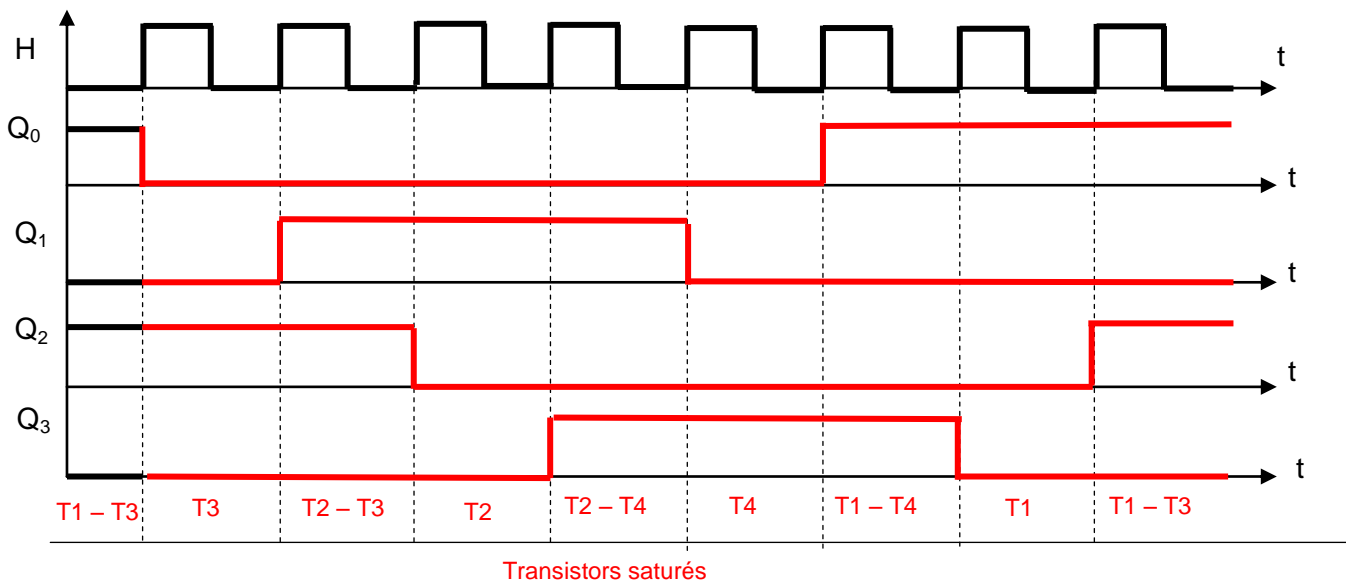
1)

| Horloge<br>H  | Q <sub>3</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> | Position rotor |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Etat initiale | 0              | 1              | 0              | 1              | 8              |
| 1 impulsion   | 0              | 1              | 0              | 0              | 7              |
| 2 imp         | 0              | 1              | 1              | 0              | 6              |
| 3 imp         | 0              | 0              | 1              | 0              | 5              |
| 4 imp         | 1              | 0              | 1              | 0              | 4              |
| 5 imp         | 1              | 0              | 0              | 0              | 3              |
| 6 imp         | 1              | 0              | 0              | 1              | 2              |
| 7 imp         | 0              | 0              | 0              | 1              | 1              |
| 8 imp         | 0              | 1              | 0              | 1              | 8              |

2)

|                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| Commutation          | <b>asymétrique</b>       |
| Mode d'alimentation  | <b>unidirectionnelle</b> |
| Nombre de phases     | <b>4</b>                 |
| Nombre de pas / tour | <b>8</b>                 |
| Pas angulaire        | <b>45°</b>               |

3) Etablir les chronogrammes donnant l'ordre d'alimentation des phases en indiquant les transistors saturés .



**Exercice N°8 :**

Un moteur pas à pas à aimant permanent est commandé par un circuit séquentiel muni d'un étage de puissance :

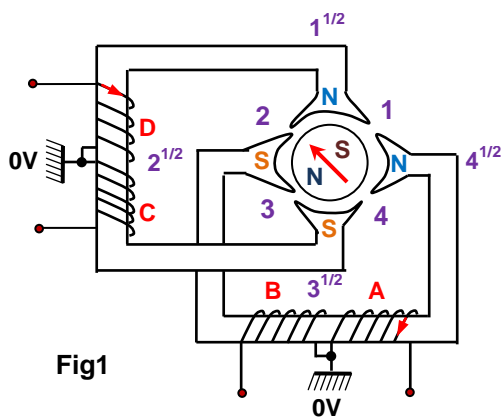
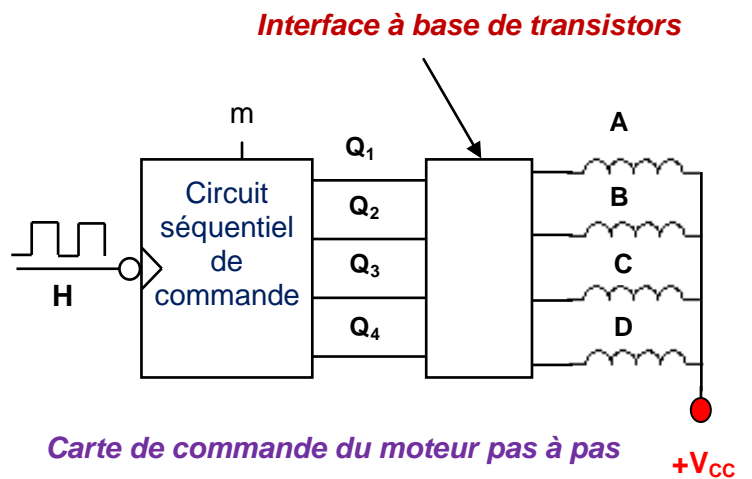


Fig1



1°/ Voir « fig1 »

2°/ Le nombre de phases est : **4**

3°/  $m=0 \Rightarrow$  **Sens1 : Commutation unidirectionnelle symétrique sens horaire.**

|                            | D | C | B | A | Position du rotor | Phases excitées |
|----------------------------|---|---|---|---|-------------------|-----------------|
| Position initial           | 1 | 0 | 0 | 1 | 2                 | A-D             |
| 1 <sup>ère</sup> impulsion | 0 | 1 | 0 | 1 | 1                 | A-C             |
| 2 <sup>ème</sup> impulsion | 0 | 1 | 1 | 0 | 4                 | B-C             |
| 3 <sup>ème</sup> impulsion | 1 | 0 | 1 | 0 | 3                 | B-D             |
| 4 <sup>ème</sup> impulsion | 1 | 0 | 0 | 1 | 2                 | A-D             |

4°/  $N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2$

5°) Valeur de K1.

Le mode d'alimentation est : **unidirectionnel** donc  $K_1=1$

6°) Valeur de K2.

Le type de commutation est : **symétrique** donc  $K_2=1$

7°) Nombre de pas par tour ( $N_{p/t}$ ).

$$N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2 = 4 \times 1 \times 1 \times 1 = 4 \quad N_{p/t} = 4$$

8°) En déduire le pas angulaire en Degré et en radian.

$$\alpha = \frac{360}{N_{p/tr}} = \frac{360}{4} = 90^\circ$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{N_{p/tr}} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$$

9°) Le temps nécessaire pour que le moteur fait 10 tours est :

Le nombre de pas réalisé pour faire 10 tours est  $N_p = 10 \times N_{p/t} = 10 \times 4 = 40$

$$t = N_p \times T \quad \text{cherchons la période} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} = 0,1s \quad t = 40 \times 0,1 = 4s \quad t = 4s$$

10°) Compléter le tableau de commutation du moteur pas à pas représentés ci –dessous :

**Si  $m=1 \Rightarrow$  Sens2 : Commutation unidirectionnelle asymétrique antihoraire.**

|                            | D | C | B | A | Position du rotor | Phases excitées |
|----------------------------|---|---|---|---|-------------------|-----------------|
| Position initial           | 1 | 0 | 0 | 1 | 2                 | A-D             |
| 1 <sup>ère</sup> impulsion | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 <sup>1/2</sup>  | D               |
| 2 <sup>ème</sup> impulsion | 1 | 0 | 1 | 0 | 3                 | B-D             |
| 3 <sup>ème</sup> impulsion | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 <sup>1/2</sup>  | B               |
| 4 <sup>ème</sup> impulsion | 0 | 1 | 1 | 0 | 4                 | B-C             |
| 5 <sup>ème</sup> impulsion | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 <sup>1/2</sup>  | C               |
| 6 <sup>ème</sup> impulsion | 0 | 1 | 0 | 1 | 1                 | A-C             |
| 7 <sup>ème</sup> impulsion | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 <sup>1/2</sup>  | A               |
| 8 <sup>ème</sup> impulsion | 1 | 0 | 0 | 1 | 2                 | A-D             |

11°) Valeur de K1 : Le mode d'alimentation est : **unidirectionnel** donc  $K_1=1$

12°) Valeur de K2 : le type de commutation est : **asymétrique** donc  $K_2=2$

13°) Le nombre de pas par tour est :  $N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2 = 4 \times 1 \times 1 \times 2 = 8 \quad N_{p/t} = 8$

14°) Le pas angulaire en Degré

$$\alpha = \frac{360}{Np/tr} = \frac{360}{8} = 45^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

15°) Le temps nécessaire pour que le moteur fait 20 tours est :

Le nombre de pas réalisé pour faire 20 tours est  $Np = 20 \times N_{p/t} = 10 \times 8 = 80$

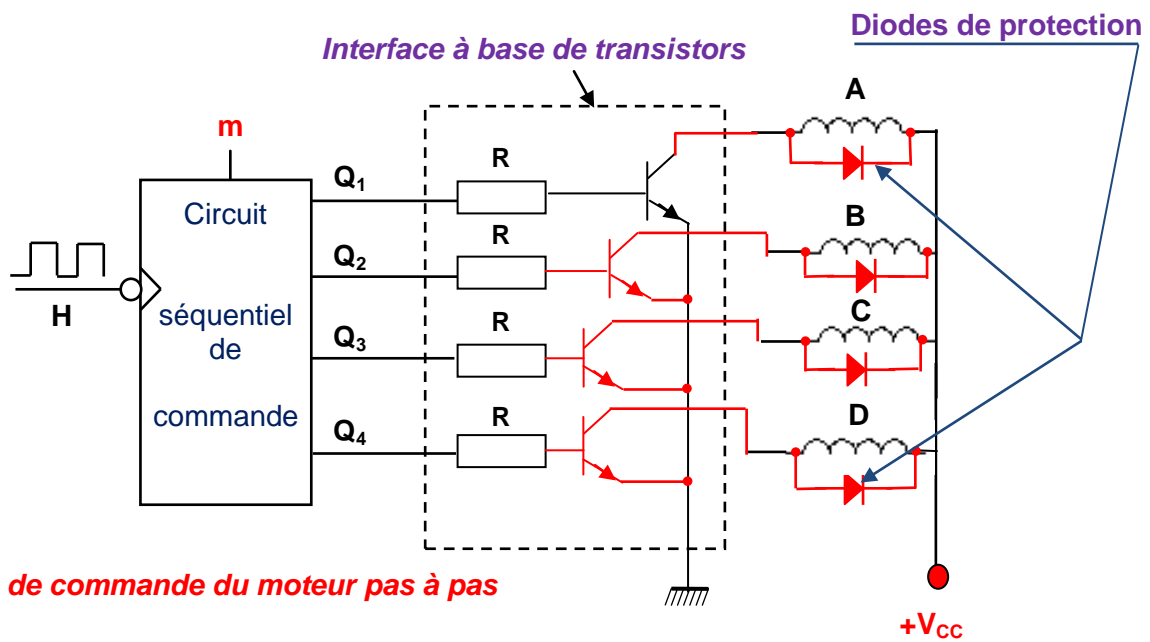
$t = Np \times T$  cherchons la période

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2} = 0,5s$$

$$t = 80 \times 0,5 = 40s$$

$$t = 40s$$

16°)



Carte de commande du moteur pas à pas

17°) L'utilité de l'interface c'est de fournir l'énergie nécessaire au moteur

**Exercice N°9 :**

1°) Le nombre de phases du moteur est :  $m = 4$

2°) Le mode d'alimentation du moteur est

Unipolaire

Bipolaire

3°) Voir fig1

4°)  $K_1 = 2$  puisque le moteur est bipolaire

$K_2 = ?$

$$\alpha = \frac{360}{Np/tr} \Rightarrow Np/tr = \frac{360}{\alpha} = \frac{360}{45} = 8$$

$$N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2$$

$$K_2 = \frac{Np/tr}{m \times p \times K_1} \Rightarrow K_2 = \frac{8}{8} = 1$$

$$K_2 = 1$$

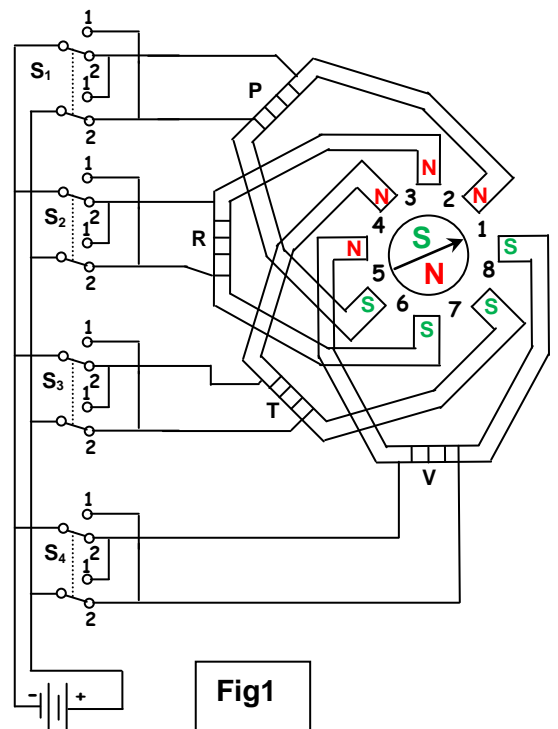


Fig1

5°) Le type de commutation du moteur est :

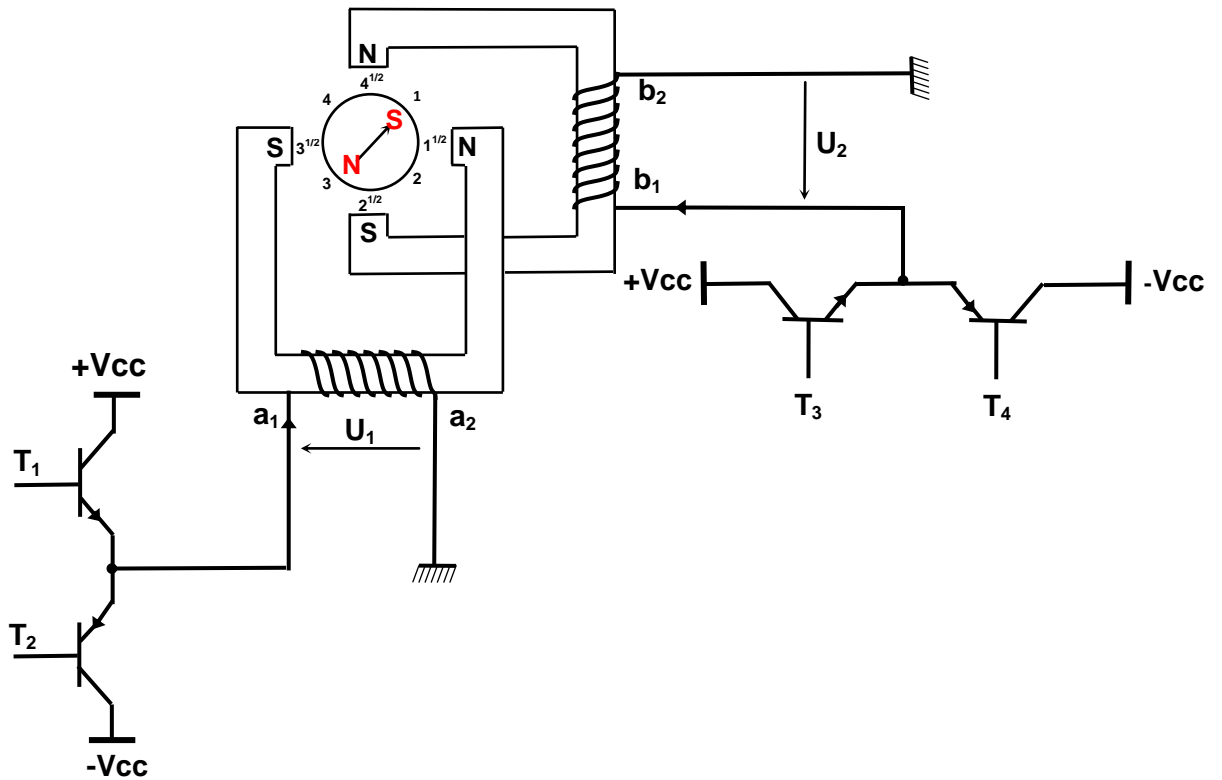
|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Unidirectionnelle symétrique  |   |
| Bidirectionnelle symétrique   | ✗ |
| Unidirectionnelle asymétrique |   |
| Bidirectionnelle asymétrique  |   |

6°) Le temps nécessaire pour que le moteur fait 100 tours.

Le nombre de pas réalisé pour faire 100 tours est  $N_p = 100 \times N_{p/t} = 100 \times 8 = 800$

$t = N_p \times T$  **cherrchons la période**  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2} = 0,5s$   $t = 800 \times 0,5 = 400s$   $t = 400s$

**Exercice N°10 :**



1°) Le moteur pas à pas est : unipolaire  bipolaire

2°) Le nombre de phases m est :  $m = 2$

3°) **Fonctionnement en mode pas entier :**

| Position du rotor                       | 1          | 2          | 3          | 4          |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Bornes par lesquelles le courant rentre | $a_1, b_1$ | $a_1, b_2$ | $a_2, b_2$ | $a_2, b_1$ |
| Transistors saturés                     | $T_1, T_3$ | $T_1, T_4$ | $T_2, T_4$ | $T_2, T_3$ |

a-  $N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2$

b - Valeur de K1 : Moteur bipolaire  $K_1 = 2$

c - Valeur de K2 : Commutation symétrique  $K_2 = 1$

d- Le nombre de pas par tour est :  $N_{p/t} = 2 \times 1 \times 2 \times 1 = 4$   $N_{p/t} = 4$

f- Le pas angulaire en Degré et en radian est :

$$\alpha = \frac{360}{N_{p/tr}} = \frac{360}{4} = 90^\circ$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{N_{p/tr}} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$$

4°) **Fonctionnement en mode demi pas :**

|   |                                 |                  |                                 |                  |                                 |                  |                                 |                  |
|---|---------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
| Position du rotor                       | 1                               | 4 <sup>1/2</sup> | 4                               | 3 <sup>1/2</sup> | 3                               | 2 <sup>1/2</sup> | 2                               | 1 <sup>1/2</sup> |
| Bornes par lesquelles le courant rentre | a <sub>1</sub> , b <sub>1</sub> | b <sub>1</sub>   | a <sub>2</sub> , b <sub>1</sub> | a <sub>2</sub>   | a <sub>2</sub> , b <sub>2</sub> | b <sub>2</sub>   | a <sub>1</sub> , b <sub>2</sub> | a <sub>1</sub>   |
| Transistors saturés                     | T <sub>1</sub> , T <sub>3</sub> | T <sub>3</sub>   | T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> | T <sub>2</sub>   | T <sub>2</sub> , T <sub>4</sub> | T <sub>4</sub>   | T <sub>1</sub> , T <sub>4</sub> | T <sub>1</sub>   |

a - La valeur de K2 est : Commutation asymétrique  $K_2 = 2$

b- Le nombre de pas par tour est :  $N_{p/t} = 2 \times 1 \times 2 \times 2 = 8$   $N_{p/t} = 8$

c- Le temps nécessaire pour que le moteur fait 200 tours est :

Le nombre de pas réalisé pour faire 200 tours est  $N_p = 200 \times N_{p/t} = 200 \times 8 = 1600$

$t = N_p \times T$  cherchons la période

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} = 0,1s$$

$$t = 1600 \times 0,1 = 160s$$

$$t = 160s$$

d- Le nombre de pas par tour est :

$$p = 20$$

$$N_{p/t} = 2 \times 20 \times 2 \times 2 = 160$$

$$N_{p/t} = 160$$

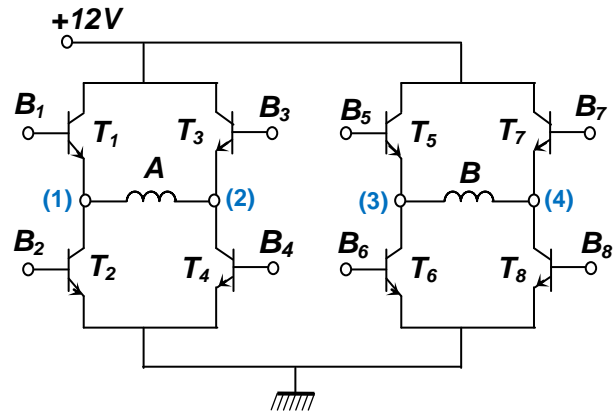
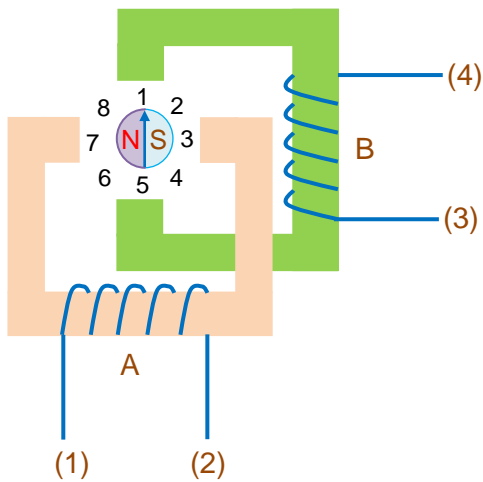
e- Calculer dans ce cas la fréquence d'alimentation des bobines si le moteur fait un tour pendant 4 secondes.

$$n = 0,25 \text{ tr/s}$$

$$n_{(tr/s)} = \frac{f}{N_{p/tr}} \Rightarrow f = n \times N_{p/tr} \Rightarrow f = 0,25 \times 160 = 40 \quad f = 40 \text{hz}$$



**Exercice N°11**



1°)

La commutation correspondante de ce moteur pas à pas est : unidirectionnelle  bidirectionnelle

2°) Le nombre de phases est : **m = 2**

3°) Le nombre de paires des pôles du rotor est: **p=1**

4°)  $N_{p/t} = m \times p \times K_1 \times K_2$

$$K_2 = \frac{N_{p/t}}{m \times p \times K_1} \Rightarrow K_2 = \frac{8}{4} = 2$$

$$K_2 = 2$$

**La commutation est asymétrique**

5°)

Rotation du rotor dans le sens trigonométrique

|                         |                                |  |                                |  |                                |  |                                |  |
|-------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Position du rotor       | 1                              | 8  | 7                              | 6  | 5                              | 4  | 3                              | 2  |
| Bornes reliées au « + » | (2)                            | (2)-(4)  | (4)                            | (1)-(4)  | (1)                            | (1)-(3)  | (3)                            | (2)-(3)  |
| Transistors saturés     | T <sub>3</sub> -T <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> -T <sub>2</sub><br>T <sub>7</sub> -T <sub>6</sub> | T <sub>7</sub> -T <sub>6</sub> | T <sub>1</sub> -T <sub>4</sub><br>T <sub>7</sub> -T <sub>6</sub> | T <sub>1</sub> -T <sub>4</sub> | T <sub>1</sub> -T <sub>4</sub><br>T <sub>5</sub> -T <sub>8</sub> | T <sub>5</sub> -T <sub>8</sub> | T <sub>3</sub> -T <sub>2</sub><br>T <sub>5</sub> -T <sub>8</sub> |

6°)

| Etats des bases |       |       |       |       |       |       |       | Etats des transistors |       |       |       |       |       |       |       | Position du rotor |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| $B_1$           | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $B_5$ | $B_6$ | $B_7$ | $B_8$ | $T_1$                 | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |                   |
| 0               | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | B                     | S     | S     | B     | B     | B     | B     | B     | 1                 |
| 0               | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | B                     | S     | S     | B     | B     | S     | S     | B     | 8                 |
| 0               | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | B                     | B     | B     | B     | B     | S     | S     | B     | 7                 |
| 1               | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | S                     | B     | B     | S     | B     | S     | S     | B     | 6                 |
| 1               | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | S                     | B     | B     | S     | B     | B     | B     | B     | 5                 |
| 1               | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | S                     | B     | B     | S     | S     | B     | B     | S     | 4                 |
| 0               | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | B                     | B     | B     | B     | S     | B     | B     | S     | 3                 |
| 0               | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | B                     | S     | S     | B     | S     | B     | B     | S     | 2                 |
| 0               | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | B                     | S     | S     | B     | B     | B     | B     | B     | 1                 |

7°) Tracer les chronogrammes des entrées  $B_i$ 