

La commande des moteurs pas à pas

Notre système sera constitué de deux moteurs pas à pas permettant une rotation des panneaux solaires selon l'axe ox , et deux autres moteurs pas à pas pour une rotation des panneaux selon l'axe oy du satellite. Chaque moteur sera asservi en position en boucle ouverte par l'intensité lumineuse. Deux capteurs par moteurs permettent leurs asservissements. Les moteurs « coudes », entre le panneau solaire et le bras qui le soutient, seront limités par des capteurs de fin de course. Nous considérerons dans cette partie la commande des moteurs « coudes ». La commande des moteurs « épaules », entre le satellite et le bras sera similaire, il suffira d'enlever les fins de courses.

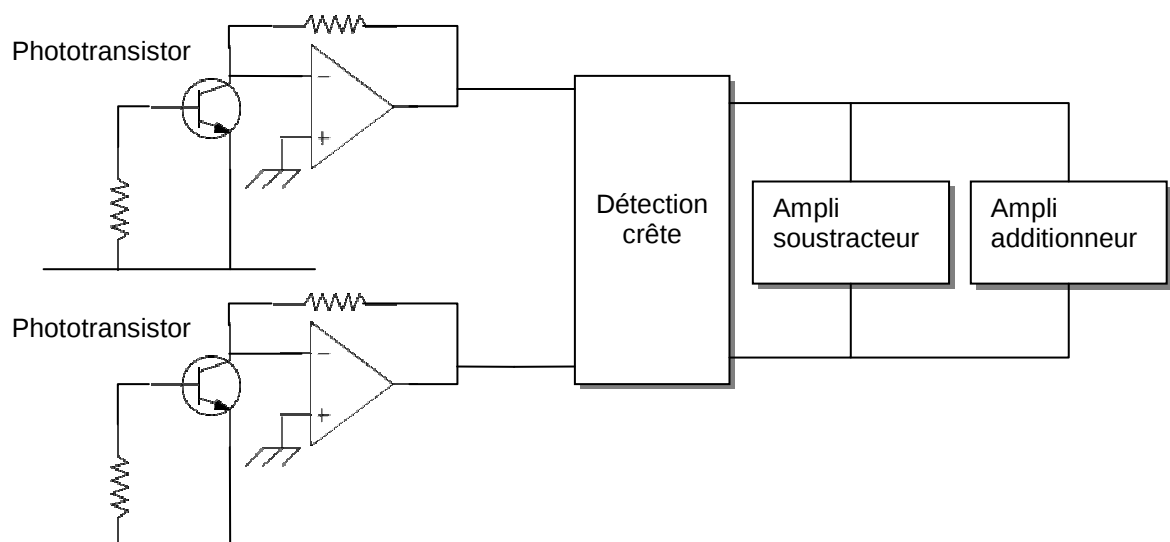
I. Présentation de la logique de commande

Le moteur pas à pas permet aux panneaux solaires de « suivre » l'intensité lumineuse maximale. Lorsque le satellite passe en phase éclipse, le système arrête de chercher l'intensité lumineuse maximale. Puis lorsque le satellite sort d'éclipse, la recherche se fait à nouveau.

I.1. La réception du signal

Les deux capteurs sont des phototransistors séparés par un cache opaque. Ce cache permet d'augmenter la différence d'éclairement des deux capteurs en fonction de l'inclinaison du flux lumineux incident. Les phototransistors se comportent comme des générateurs de courant de valeurs proportionnelles aux éclairagements reçus sur leurs bases.

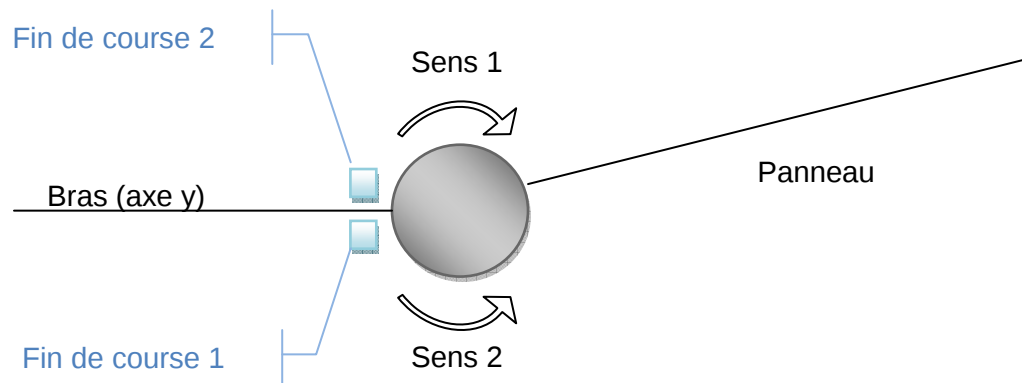
La somme des énergies reçues par les capteurs permet de déterminer si le satellite se trouve en phase d'éclipse ou non. La différence des énergies reçues permet de savoir si la position des panneaux solaires est à corriger et le signe de cette différence donne le sens de rotation.



La réception du signal

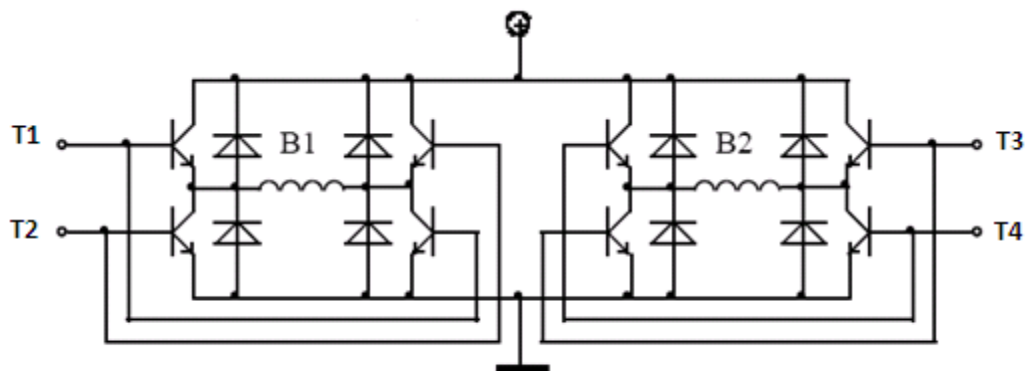
I.2. Le moteur pas à pas

Nous définissons les sens de rotation et les fins de courses comme suit :



I.2.1. Commande du moteur

La commande du moteur se fait grâce à un pont présenté ci-dessous



Double pont permettant de commander le moteur pas à pas bipolaire

Il est possible d'alimenter un enroulement après l'autre (excitation monophasée) ou deux enroulements contigus par deux enroulements contigus (excitation biphasée). Cette deuxième solution consomme deux fois plus d'énergie mais permet d'avoir un couple plus important.

Les tableaux de commande sont les suivant :

Monophasé

	1	2	3	4
T1	1	0	0	0
T2	0	0	1	0
T3	0	0	0	1
T4	0	1	0	0

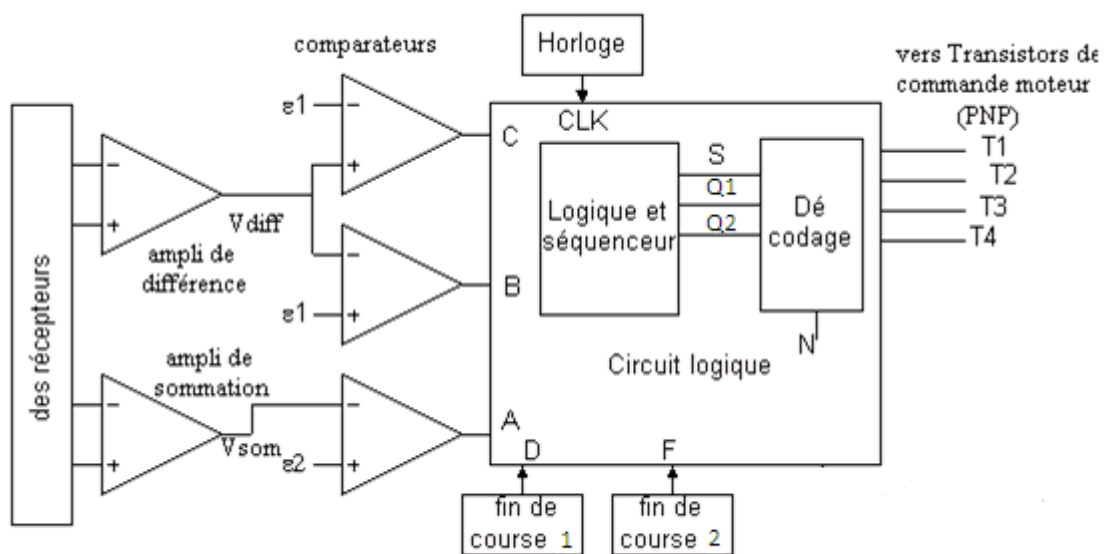
Biphasé

	1	2	3	4
T1	1	0	0	1
T2	0	1	1	0
T3	0	0	1	1
T4	1	1	0	0

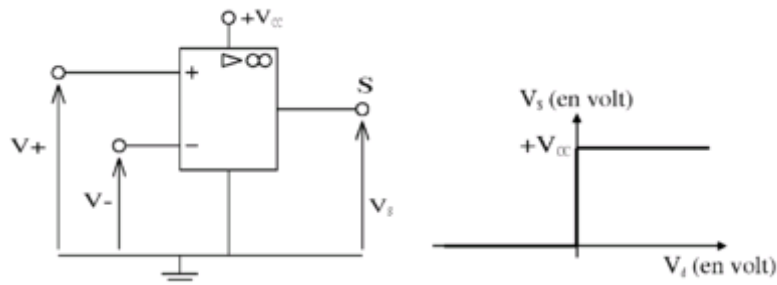
Tableaux de commande pour un moteur bipolaire (1=on et 0=off)

Pour mettre une tension en T1, faut-il que la sortie T1 du microcontrôleur soit à 1 ou à 0 ?

Un système numérique permet de générer les ordres de commande. Le tableau est parcouru en boucle tant que le moteur doit tourner. Pour changer de sens de rotation du moteur, il suffit de parcourir le tableau dans l'autre sens.



Les comparateurs utilisés sont alimentés en mono-tension.



I.2.2. Logique de fonctionnement

Si $V_{som} > \epsilon_2$ alors $A=1$: nous ne sommes plus en période d'éclipse

Si $-\epsilon_1 < V_{diff} < \epsilon_1$, arrêt moteur

Si $V_{diff} > \epsilon_1$ et si fin de course 1 non atteinte, le moteur tourne dans le sens 1

Si $V_{diff} < -\epsilon_1$ si fin de course 2 non atteinte, le moteur dans le sens 2

Si $V_{som} < \epsilon_2$ alors le satellite est en période d'éclipse

Arrêt du moteur

I.2.3. Mise en place des équations logiques

Nous utiliserons les nomenclatures suivantes :

CLK : horloge moteur

N : inhibition commande moteur

S : sens de rotation (variable interne) sens 1 : $S=0$; sens 2 : $S=1$

A : entrée "valeur moyenne"

B : entrée "tourner dans le sens 1"

C : entrée "tourner dans le sens 2"

D : fin de course 1

E : fin de course 2

T₁,T₂,T₃,T₄ : sorties transistors

Q₁ : MSB compteur interne 4 états

Q₂ : LSB compteur interne 4 états

Tableau de Karnaugh pour N. (Moteur arrêté : N=0 ; Moteur en marche : N=1)

AB \ CDF	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	-	1	-	-	-	-
10	0	0	0	0	0	-	1	1

Equation simplifiée disjonctive de N: $N=A.B./F+A.C./D$

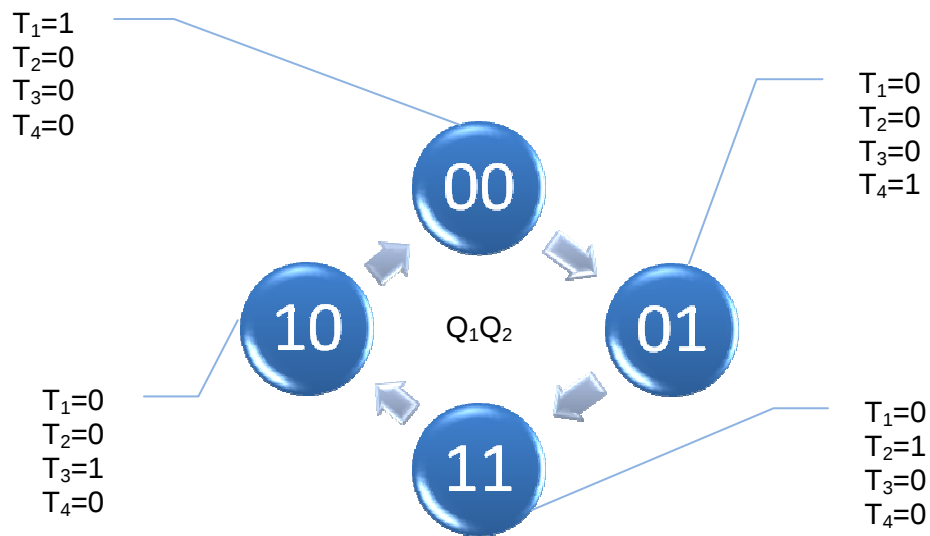
Table de vérité de S :

B (sens 1)	C (sens 2)	S
0	0	-
0	1	1
1	1	-
1	0	0

Equation de S : $S=C$

1.2.3. Mise en place de la séquence

Graph d'état :



N	S	Q_1^n	Q_2^n	Q_1^{n+1}	Q_2^{n+1}	T_1	T_2	T_3	T_4
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
1	-	-	-	-	-	0	0	0	0

Matrices de succession :

:

		Q_2^n
		0 1
Q_1^n	0	0 1
	1	0 1

$$Q_1^{n+1} = Q_2^n$$

:

		Q_2^n	
		0	1
Q_1^n	0	1	1
	1	0	0

$$Q_2^{n+1} = \overline{Q_1^n}$$

Matrices de sortie :

T₁

		Q ₂ ⁿ
		0 1
Q ₁ ⁿ	0	1 0
	1	0 0

$$T_1 = \overline{Q_1^n} \cdot \overline{Q_2^n}$$

T₂

		Q ₂ ⁿ
		0 1
Q ₁ ⁿ	0	0 0
	1	0 1

$$T_2 = Q_1^n \cdot Q_2^n$$

T₃

		Q ₂ ⁿ
		0 1
Q ₁ ⁿ	0	0 0
	1	1 0

$$T_3 = Q_1^n \cdot \overline{Q_2^n}$$

T₄

		Q ₂ ⁿ
		0 1
Q ₁ ⁿ	0	0 1
	1	0 0

$$T_4 = \overline{Q_1^n} \cdot Q_2^n$$