

1

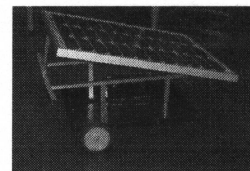
PRESENTATION

En 2011 les élèves de Sciences de l'Ingénieur du lycée Pierre Émile Martin ont réalisé un robot explorateur solaire dans le cadre d'un Projet Pluritechnique Encadré.

Le **contrôle du déplacement** du robot nécessite de mesurer la distance qu'il parcourt. [Vidéo 1 ►]

[Vidéo 2 ►]

Le principe retenu pour la mesure est l'**odométrie**. Le robot se déplace grâce à des motoréducteurs dotés d'un codeur incrémental. (Voir ci-dessous)



Robot explorateur solaire

Motoréducteur avec codeur	Roue	Carte de puissance DM23 et batterie
<p>Réducteur Moteur Codeur</p>		
Caractéristiques : <ul style="list-style-type: none"> - Moteur 12 V avec réducteur (rapport 1:30) - Consommation: 530 mA env. (et 150 mA à vide) - Courant de blocage: 2,5 A - Vitesse de rotation: 170rpm (216rpm à vide) - Couple: 1,5 kg.cm. - Codeur: 360 impulsions par tour (PPR) - Dimensions: Ø28,5 x 86,6 mm - Axe Ø 5 mm (4 mm sur méplat) 	<p>φ : 100 mm</p>	<p>« Destinée à être commandée par un microcontrôleur au moyen d'une liaison série (niveau logique 0 - 5 V) ou via un bus I2C™, cette platine électronique intègre un double pont en "H" permettant le pilotage indépendant de 2 moteurs à courant continu avec encodeur (consommation : 2,5 A max. par moteur). »</p>

PACK/ DM23 Ensemble pilotage 2 moteurs - mode I2C/Série

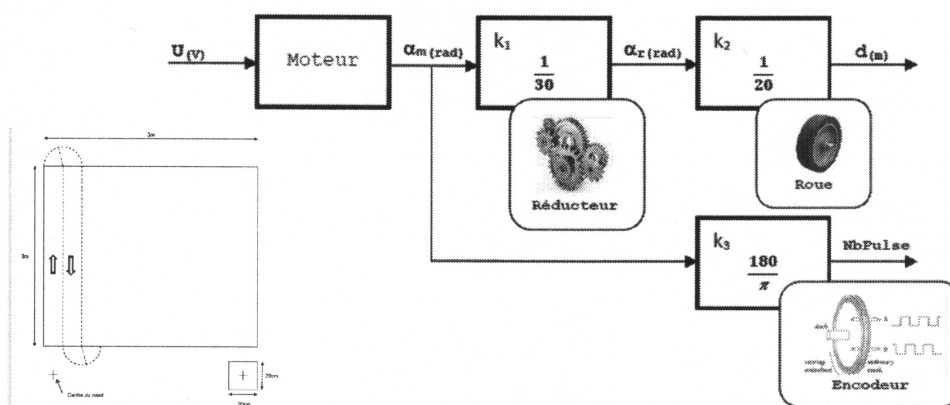
CODEUR INCREMENTAL

- Vidéo [<https://bit.ly/3GgMvX8>] et description en Annexe.

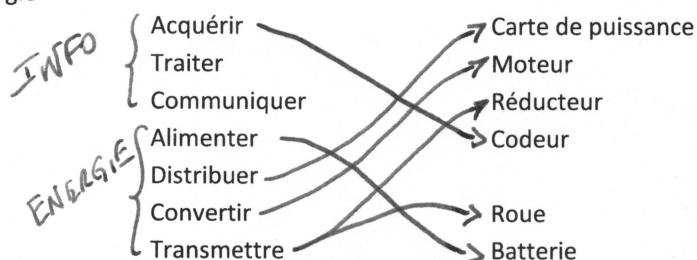
2

EXERCICE

Objectifs : établir l'**expression** nécessaire au calcul du **paramètre** « distance » utilisé par le programme de contrôle du déplacement du robot. Compléter le pseudo-code d'un algorithme de commande des moteurs.



- a) Associer les fonctions et les objets dans les listes de mots ci-dessous. Identifier les fonctions les chaînes d'information et d'énergie



a) Quelle est la résolution R du codeur en degrés ?

$$R = \frac{360^\circ}{360} = 1^\circ/\text{impulsion}$$

b) Exprimer NbPulse en fonction de $d(m)$.

Remarque : Les équations des blocs du schéma de la page précédente s'obtiennent comme dans l'exemple ci-contre : $y = k \cdot x$



• Expression littérale (sans valeur numérique)

$$\left. \begin{array}{l} d = k_2 \alpha_2 \\ \alpha_2 = k_1 \alpha_m \end{array} \right\} d = k_1 k_2 \alpha_m \quad (1)$$

$$\text{NbPulse} = k_3 \alpha_m \quad (2)$$

On exprime $\text{NbPulse} = f(d)$

$$\left. \begin{array}{l} (1) \alpha_m = \frac{d}{k_1 k_2} \\ (2) \alpha_m = \frac{\text{NbPulse}}{k_3} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{\text{NbPulse} = \frac{k_3}{k_1 k_2} d \quad (m)}$$

Application numérique

$$\text{NbPulse} = \frac{\frac{180}{\pi} d}{\frac{1}{30} \times \frac{1}{20}}$$

$$\text{NbPulse} = \frac{180}{\pi} \times \frac{600}{1} d$$

$$\boxed{\text{NbPulse} = \frac{108000}{\pi} \cdot d(m)}$$

c) Calculer la résolution de la fonction Acquérir.

$$\text{pour } \text{NbPulse} = 1$$

$$1 = \frac{108000}{\pi} d \Rightarrow d = \frac{\pi}{108000} = 0,029 \text{ mm}$$

d) Calculez la valeur de NbPulse si $d = 1m$

$$\text{si } d = 1m$$

$$\text{NbPulse} = \frac{108000}{\pi} = 34377$$

e) Compléter l'algorithme ci-dessous pour que le robot se déplace en ligne droite sur 1 m ?

Algorithme Déplacement

const

distance $\leftarrow 34377$

var

NbPulse $\leftarrow 0$: entier positif codé sur 32bits

Commander(Moteur Droit) ; Commander(Moteur Gauche)

début

lire (NbPulse)

tant que (NbPulse ≤ 34377) faire

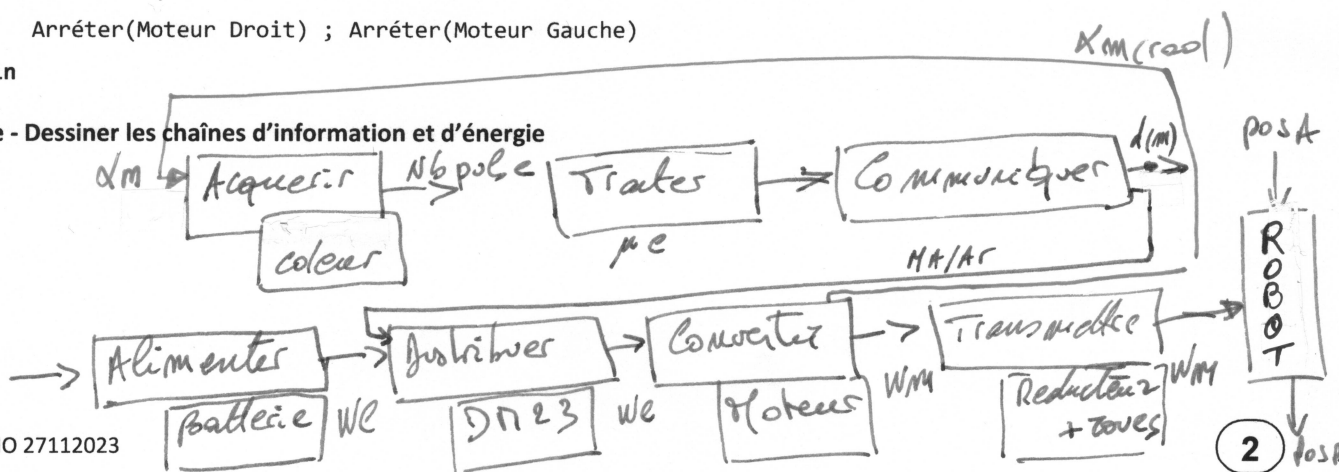
Commander(Moteur Droit)
Commander(Moteur Gauche)

fin tant que

Arrêter(Moteur Droit) ; Arrêter(Moteur Gauche)

fin

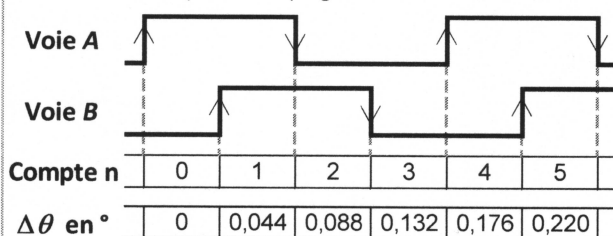
f) Synthèse - Dessiner les chaînes d'information et d'énergie



f Exploitation des signaux délivrés (suite)

Doubler ou quadrupler la résolution

Exemple de comptage de tous les fronts



La résolution R , exprimée en impulsions par tour peut être multipliée par deux en comptant à la fois les fronts montants et les fronts descendants d'une voie.

Elle peut être multipliée par quatre en comptant tous les fronts des deux voies. La résolution angulaire est de ce fait divisée par deux ou par quatre.

Ex. Un codeur 2048 PPR (*Pulse Per Revolution*) permet de réaliser $4 \times 2048 = 8192$ incréments par tour si tous les fronts sont employés.

Attention aux confusions : la résolution de ce codeur peut indifféremment être notée 8192 CPR (*Count Per Revolution*) ou 2048 PPR ou 2048 CPR (*Cycle Per Revolution*) dans une notice.

– Comptage/décomptage des impulsions

Permet de mesurer le déplacement angulaire $\Delta\theta$ de l'arbre.

– Mesure de la fréquence des impulsions

Permet de déterminer la vitesse de rotation ω de l'arbre.

Principal inconvénient d'un codeur incrémental

Un codeur incrémental ne délivre pas une valeur d'angle mesurée par rapport à une référence, c'est-à-dire une position angulaire absolue (contrairement à un codeur absolu).

Ainsi, à la mise sous tension d'un bras robotisé, équipé de codeurs incrémentaux par exemple, les positions angulaires de ses articulations sont inconnues ! Une phase d'initialisation est nécessaire au cours de laquelle chaque articulation est mise en mouvement jusqu'à ce qu'une impulsion de référence Z soit délivrée par son codeur. La position de l'articulation est alors connue. Lorsque la voie Z est absente il faut ajouter d'autres capteurs au système pour définir au moins une position de référence : interrupteur de fin de course, détecteur magnétique, détecteur à infra-rouge, etc.

Pour aller plus loin : montrer que $k_2 = 1/20$ et $k_3 = 180/\pi$

Remarques

- $D_{(m)} = R_{(m)} \cdot \alpha_r(\text{rad})$
- Pour un codeur on a l'expression $N \cdot \omega_{(\text{rad/s})} = 2\pi \cdot F_{(\text{Hz})}$ avec N : nombre d'impulsions par tour et F : fréquence du signal. Ici $N \cdot \alpha_m(\text{rad}) = 2\pi \cdot \text{NbPulse}$

Détermination de k_2

$d_{(m)} = R_{(m)} \cdot \alpha_r(\text{rad})$ avec R : rayon de la roue en m

$R_{(m)} = D_{(m)}/2$ donc $d_{(m)} = (100 \cdot 10^{-3}/2) \cdot \alpha_r(\text{rad})$

$d_{(m)} = (1/20) \cdot \alpha_r(\text{rad})$ $k_2 = 1/20$

Détermination de k_3

$N \cdot \alpha_m = 2\pi \cdot \text{NbPulse}$ (donné dans l'énoncé) et $N = 360$ (donné dans la documentation)

$\text{NbPulse} = (360/2\pi) \cdot \alpha_m$

$\text{NbPulse} = (180/\pi) \cdot \alpha_m$ $k_3 = 180/\pi$