

## 1. Présentation

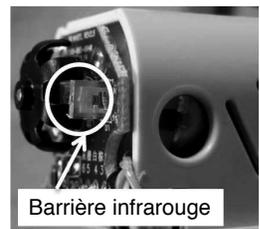
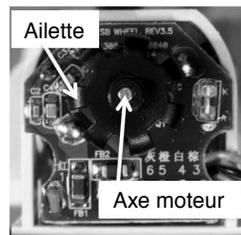
Assurer ses tâches ménagères est une activité suffisamment longue au quotidien pour que certains d'entre nous aient envie d'en réduire la charge. C'est l'offre proposée par les constructeurs de robots domestiques, qui répondent à la fois à cette recherche de temps libre et à un engouement pour les produits domotiques. L'usage de robots aspirateurs se répand assez rapidement du fait du besoin sociétal exprimé ci-dessus et des baisses de prix constatées (300 à 800 €).



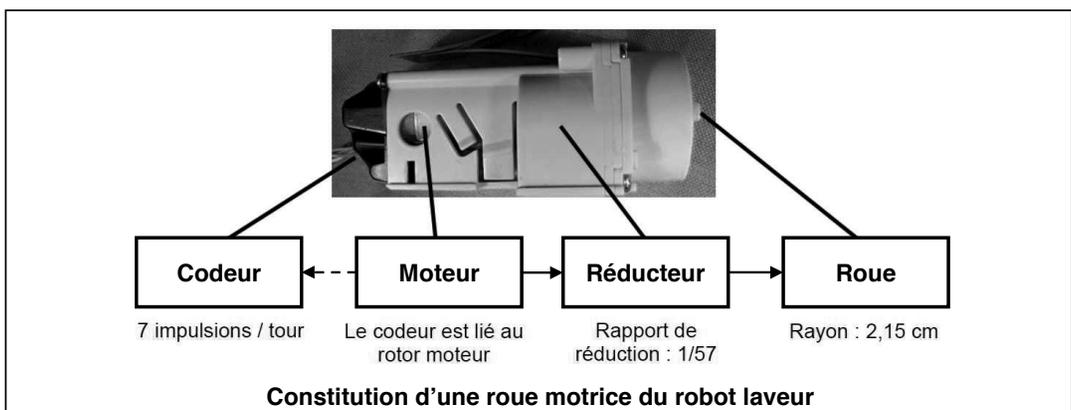
## 2. Contrôle angulaire des roues motrices

**Objectif :** Mettre au point un contrôle des positions angulaires des deux roues motrices afin de corriger un éventuel défaut de trajectoire.

Le robot est constitué de deux roues motorisées indépendantes diamétralement opposées et d'une roue folle. Dans l'idéal, il doit pouvoir se déplacer de manière aléatoire dans son espace de travail de telle sorte qu'au bout d'un certain temps, toute la surface ait été nettoyée. Cependant, différents aléas peuvent conduire à une réduction importante de la surface nettoyée.



Il convient donc de contrôler la rotation des moteurs. Pour cela, le constructeur a placé un codeur à l'arrière de chaque moteur. Chaque codeur possède sept ailettes qui coupent une barrière infrarouge. La carte électronique reçoit donc sept impulsions par tour de moteur.



- 2.1/ Calculer** le nombre d'impulsions reçues par la carte électronique pour un tour de roue. En **déduire** la précision en **mm** du contrôle qui est la distance parcourue pour une impulsion du codeur.
- 2.2/ Déterminer** la fréquence des impulsions reçues par la carte électronique si le robot se déplace à une vitesse de **20 cm.s<sup>-1</sup>**.

Un programme, utilisant les informations issues des codeurs (droit et gauche), a été écrit pour corriger le comportement du robot. On s'intéressera uniquement au déplacement en ligne droite.

On se place dans le cas :

- d'une consigne de déplacement en ligne droite de **50 cm** ;
- d'un écart d'avance toléré entre les deux roues motrices de  $\Delta_{roue} = \pm 5 \text{ mm}$ .

**2.3/ Compléter** sur le document réponse **DRE**, en s'appuyant sur les données qui y figurent, l'algorithme qui illustre le principe de contrôle de la trajectoire rectiligne du robot.

- fin énoncé -

## Document réponse DRE : Algorithme de contrôle de trajectoire

Un programme permet de contrôler les deux roues motrices. Dans le principe, il contrôle l'écart d'avance entre les deux roues motrices et corrige cet écart en réduisant la vitesse de la roue trop rapide. **Pour simplifier l'étude, la roue trop rapide sera stoppée.**

<b>Commander_Roue_Droite</b>	Le moteur est alimenté afin de commander la rotation de la roue droite.
<b>Stopper_Roue_Droite</b>	L'alimentation du moteur est coupée afin de stopper la rotation de la roue droite.
<b>Commander_Roue_Gauche</b>	Le moteur est alimenté afin de commander la rotation de la roue gauche.
<b>Stopper_Roue_Gauche</b>	L'alimentation du moteur est coupée afin de stopper la rotation de la roue gauche.

**Algorithme Contrôle des roues motrices** : « Consigne en ligne droite de 50 cm »

Codeur\_Droit = 0 ;

Codeur\_Gauche = 0 ;

Valeur\_Finale\_Codeur = ..... ;

Répéter

Lire Codeur\_Droit ;

Lire Codeur\_Gauche ;

Delta = Codeur\_Droit – Codeur\_Gauche ;

*Test\_Roue\_Gauche\_en\_avance*

Si Delta ..... alors

| ..... ;  
| ..... ;  
| ..... ;

Fin si ;

*Test\_Roue\_Droite\_en\_avance*

Si Delta ..... alors

| ..... ;  
| ..... ;  
| ..... ;

Fin si ;

*Test\_Delta\_OK*

Si ..... < Delta < ..... alors

| Commander\_Roue\_Gauche ;  
| Commander\_Roue\_Droite ;

Fin si ;

Lire Codeur\_Droit ;

Jusqu'à Codeur\_Droit ≥ ..... ;

**CORRIGÉ**

- 2.1/ Un tour de roue permet au codeur de générer  $7 \times 57 = \boxed{399 \text{ impulsions}}$ .  
Cela correspond à une précision en **mm** de contrôle du codeur de :

$$\frac{\text{Périmètre}_{\text{roue(mm)}}}{399} = \frac{\pi \cdot 43}{399} \approx \boxed{0,34 \text{ mm}} \quad (\varnothing \text{ roue} = 43 \text{ mm})$$

- 2.2/ Lorsque le robot se déplace à  $20 \text{ cm.s}^{-1}$ , les roues tournent à :

$$N_{\text{roue}} = \frac{20}{\text{Périmètre}_{\text{roue(cm)}}} = \frac{20}{\pi \cdot 4,3} \approx 1,48 \text{ tr/s}$$

Le moteur tourne 57 fois plus vite. Compte tenu du nombre d'impulsions par tour du moteur :

$$f = 7 \cdot N_{\text{moteur}} = 7 \cdot 57 \cdot N_{\text{roue}} \approx \boxed{590 \text{ Hz}}$$

- 2.3/ **Algorithme Contrôle des roues motrices** : « Consigne en ligne droite de 50 cm »

La variable « **Valeur\_Finale\_Codeur** » contient le nombre d'impulsions à transmettre aux codeurs pour que le robot se déplace de 50 cm (= 500 mm) :

$$\text{Valeur\_Finale\_Codeur} = 399 \cdot \frac{500}{\pi \cdot 43} \approx \boxed{1477}$$

L'écart d'avance toléré entre les deux roues motrices étant de 5 mm, cela correspond à

$$399 \cdot \frac{5}{\pi \cdot 43} \approx \boxed{15 \text{ impulsions}}$$

Codeur\_Droit = 0 ;

Codeur\_Gauche = 0 ;

Valeur\_Finale\_Codeur = 1477 ;

Répéter

    Lire Codeur\_Droit ;

    Lire Codeur\_Gauche ;

    Delta = Codeur\_Droit – Codeur\_Gauche ;

*Test\_Roue\_Gauche\_en\_avance*

        Si Delta ≤ - 15 alors

            | Stopper\_Roue\_Gauche ;

            | Commander\_Roue\_Droite ;

        Fin si ;

*Test\_Roue\_Droite\_en\_avance*

        Si Delta ≥ 15 alors

            | Stopper\_Roue\_Droite ;

            | Commander\_Roue\_Gauche ;

        Fin si ;

*Test\_Delta\_OK*

        Si - 15 < Delta < 15 alors

            | Commander\_Roue\_Gauche ;

            | Commander\_Roue\_Droite ;

        Fin si ;

    Lire Codeur\_Droit ;

Jusqu'à Codeur\_Droit ≥ Valeur\_Finale\_Codeur ;

- fin corrigé -

### 1. Présentation

L'étude porte sur l'un des manèges d'un parc d'attractions : « **La maison hantée** ». Cette installation est composée de 16 véhicules indépendants roulant sur une piste béton de longueur égale à 192 mètres.

**L'écart minimal entre 2 véhicules doit être de 1 mètre.**

Cette piste reçoit en son centre un rail de guidage qui fixe la trajectoire des véhicules.

Chaque voiture peut recevoir 2 personnes au maximum.

Les passagers ne conduisent pas, ils sont uniquement spectateurs. Ils sont assis sur une nacelle tournante, libre en rotation.

Un système de contrepoids placé sous l'assise ainsi que l'inclinaison de la piste permettent une bonne orientation des visiteurs devant les scènes du décor.

Une voie de garage peut contenir 7 véhicules permettant ainsi le délestage de la piste pour adapter le nombre de véhicules à la fréquentation.

Un opérateur proche du quai d'embarquement a en charge l'exploitation. Il doit gérer les flux des départs, contrôler les débarquements et surveiller l'évolution sur la piste.

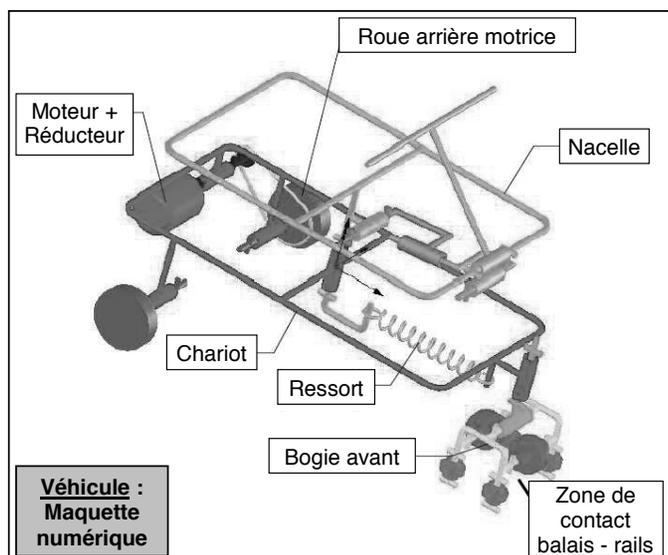
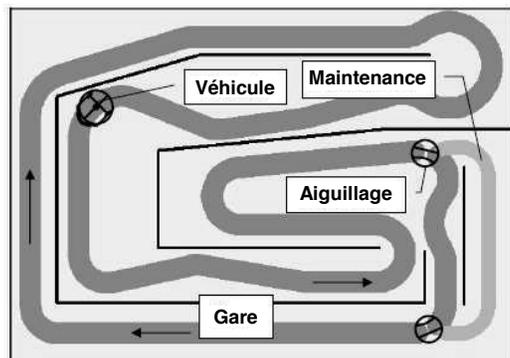
#### □ Structure d'un véhicule

Les personnes sont transportées par un véhicule comportant deux roues arrière et un bogie de guidage à l'avant. La roue arrière gauche est motrice.

La motorisation de chaque véhicule est assurée dans une première version par un moteur à courant continu.

L'énergie parvient aux moteurs par des contacts glissants placés sur le rail de guidage.

L'alimentation de tous les moteurs est réalisée simultanément par une source continue unique.



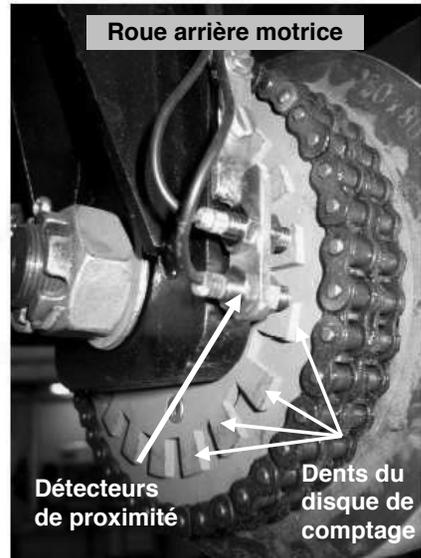
## 2. Etude de la fonction « Gérer la distance entre les véhicules »

Le service maintenance du manège a décidé d'améliorer la sécurité en agissant sur la régularité de l'espacement entre les véhicules.

Sur la solution actuelle, un capteur de proximité gère les collisions de manière très imparfaite (non détection dans les virages). Il a été décidé d'évaluer la position des véhicules sur la piste en utilisant un codeur incrémental fixé sur la **roue arrière motrice**.

Ce **codeur** (voir ci-contre) est constitué d'un **disque de comptage** fixé sur la roue sur lequel sont pratiqués un certain nombre de **dents**. Deux **détecteurs de proximité** fixés sur le châssis envoient à l'automate une impulsion à chaque passage d'une des dents. Les impulsions sont comptées par l'automate programmable industriel (API). La présence de deux capteurs permet de discriminer le sens de rotation.

L'API choisi possède des mots de comptage  $M_i$  codés sur **13 bits** et la fréquence de comptage est limitée à **5 kHz**. Il est nécessaire de déterminer d'abord le nombre maximal de dents des disques de comptage pour définir des plans de fabrication.



On rappelle les données suivantes :

- le diamètre minimal des roues est  $D_r = 220 \text{ mm}$  ;
- la longueur de la piste est  $L_p = 192 \text{ m}$ .

**2.1/ Donner** la valeur maximale en base 10 du mot automate  $M_i$ . **Déterminer** le nombre de tours de roue nécessaire pour parcourir la longueur totale de la piste. En **déduire** le nombre maximal de dents que devrait posséder le disque pour ne pas dépasser la capacité de l'API.

La solution retenue pour des raisons de réalisation est de **19 dents**.

La vitesse maximale du véhicule est de  $1,3 \text{ m.s}^{-1}$ .

**2.2/ Donner** la distance minimale  $d_{\min}$  parcourue entre 2 fronts montants d'un des détecteurs de proximité (résolution). En **déduire** la fréquence maximale  $f_{\max}$  des signaux à l'entrée de l'API.

Dans la mémoire de l'API d'un véhicule :

- le mot  $M_1$  contient sa position actuelle ;
- le mot  $M_2$  contient la position du véhicule précédent.

**2.3/ Quelle** relation entre les mots  $M_1$  et  $M_2$  doit être implantée dans l'API pour vérifier que les deux véhicules respectent l'écart minimal de **1 m** prévu par le cahier des charges ?

**2.4/ Conclure** sur le nombre de dents du disque, la compatibilité avec l'API et le respect de la distance minimale.

- fin énoncé -

**CORRIGÉ**

2.1/ La valeur maximale est :  $M_{iMAX} = 2^{13} - 1 = 8191_{(10)}$  (pour n bits :  $2^n - 1$ )

La piste a une longueur  $L_p = 192$  m, le périmètre minimal de la roue est :  $\pi D_r = 0,691$  m .  
Le nombre de tours de roue demandé est donc :

$$N_{tr} = \frac{L_p}{\pi D_r} = \frac{192}{0,691} \Rightarrow N_{tr} = 278 \text{ tours}$$

Soit  $N_d$  le nombre de dents, le nombre total de dents compté sur un tour de piste est  $N_d \cdot N_{tr}$ .  
Ce nombre doit être inférieur ou égal à  $M_{iMAX}$  d'où :

$$N_d \leq \frac{M_{iMAX}}{N_{tr}} = \frac{8191}{278} \Rightarrow N_d \leq 29,5 \text{ dents}$$

Le nombre maximal de dents est donc 29.

2.2/ Entre 2 fronts montants d'un des détecteurs, la roue a tourné de  $\frac{1}{19}$  tour.  
Le véhicule a parcouru :

$$d_{min} = \frac{\pi D_r}{19} = \frac{0,691}{19} \Rightarrow d_{min} = 0,0364 \text{ m}$$

Cette distance est parcourue à  $V_c = 1,3 \text{ m.s}^{-1}$  en  $T = \frac{d_{min}}{V_c} = \frac{1}{f_{max}}$  soit une fréquence maximale de comptage :

$$f_{max} = \frac{V_c}{d_{min}} = \frac{1,3}{0,0364} \Rightarrow f_{max} = 35,7 \text{ Hz}$$

2.3/ La distance de 1 m correspond à un nombre d'impulsions de  $\frac{1}{d_{min}} = \frac{1}{0,0364} = 27,5$  .

La relation à vérifier est donc :  $M_2 - M_1 \geq 28$  (ou  $M_2 - M_1 \geq 27$  )

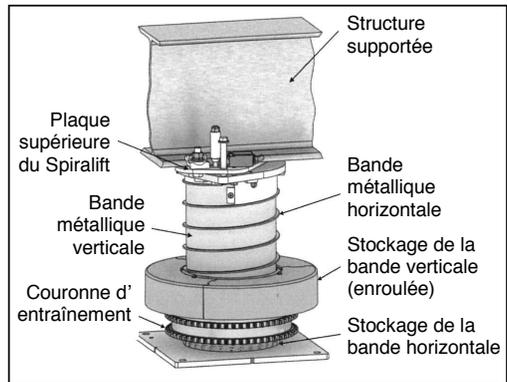
2.4/ Le nombre de dents ( $N_d = 19$ ) du disque est bien inférieur à 29, on ne dépassera donc pas la capacité de comptage du compteur. La fréquence de comptage ( $f_{max} = 35,7$  Hz) est bien inférieure à 5 kHz. La précision du comptage est largement suffisante pour détecter la distance minimale de sécurité entre deux véhicules successifs.

- fin corrigé -

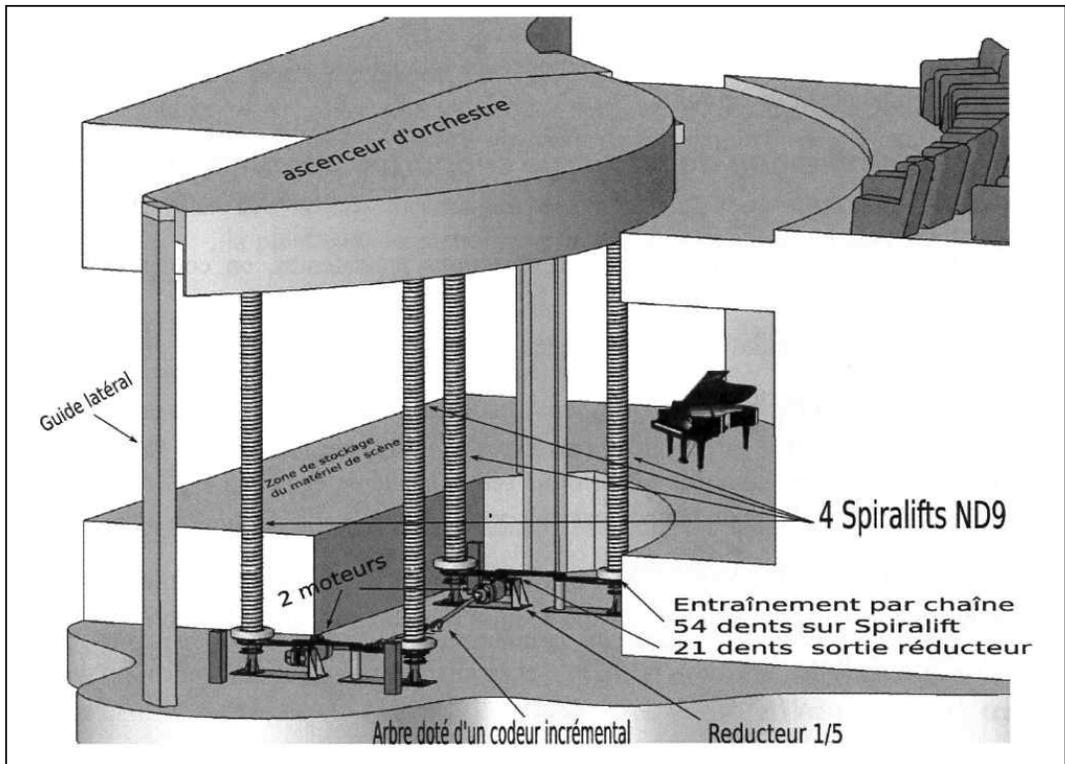
## 1. Présentation

Le **Spiralift**, développé et commercialisé par l'entreprise québécoise **GALA SYSTEMES** fonctionne par l'enroulement en spirale de deux fines bandes métalliques. Une bande continue orientée verticalement donne la résistance à la colonne ainsi créée. La bande horizontale permet d'assurer la stabilité de l'ensemble.

Le **Spiralift** a initialement été conçu pour les système de montée / descente d'orchestres. Grâce au stockage par enroulement à sa base, le **Spiralift** peut actionner des scènes mobiles sans avoir recours à de gros travaux d'excavation (pour creuser des caissons de dégagement).



Certaines salles sont équipées d'espace de rangement situées sous la scène. Une **plate-forme d'ascenseur d'orchestre** peut s'abaisser au niveau du plancher de l'espace de stockage permettant ainsi à des opérateurs de faire glisser sur la plate-forme du matériel de scène, comme des décors ou des instruments de musique.



Le positionnement de cette plate-forme doit être effectué avec une grande précision, afin de permettre le déploiement du matériel de scène par roulage entre l'espace de stockage et l'ascenseur d'orchestre. On se limite, dans l'étude qui suit, à l'étude d'un seul moteur pilotant une seule colonne **Spiralift**.

## 2. Mesure de l'altitude de l'ascenseur

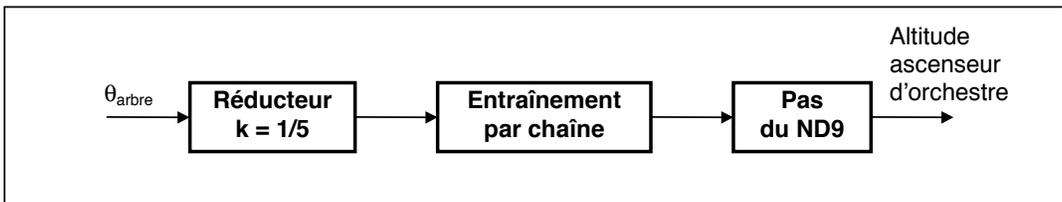
La mesure de l'altitude de l'ascenseur d'orchestre est déduite de la position angulaire (sur plusieurs tours) de l'arbre d'entraînement du **Spiralift**.

La position angulaire de cet arbre est mesurée à l'aide d'un **codeur incrémental** délivrant **32 impulsions par tour**, associé à un compteur. Le compteur est incrémenté de chaque impulsion quand la plate-forme monte (décrémenté de un à chaque impulsion quand la plate-forme descend). Le niveau le plus bas de l'ascenseur d'orchestre est détecté par un capteur de fin de course placé sur le rail de guidage (guide latéral).

Lorsque l'ascenseur d'orchestre est à son niveau le plus bas, le compteur est mis à zéro. Ainsi, le nombre stocké au niveau du compteur est proportionnel à l'altitude de l'ascenseur d'orchestre.

### □ Données

- la course totale de la plate-forme d'ascenseur d'orchestre est de **5,6 m** ;
- la sortie du réducteur est reliée à la couronne du **Spiralift ND9** par une chaîne ;
- le pignon associé à l'axe du réducteur comporte  **$Z_1 = 21$  dents** ;
- le pignon associé à la couronne du **Spiralift** comporte  **$Z_2 = 54$  dents** ;
- un tour de la couronne du **Spiralift ND9** provoque une variation d'altitude de l'ascenseur d'orchestre d'une hauteur de pas  **$p = 52,9$  mm**.



**2.1/ Déterminer** le plus petit écart d'altitude de l'ascenseur mesurable par ce dispositif et **vérifier** que l'exigence « **mesure de position** » (cf. annexe page 19) est respectée.

**2.2/ Déterminer** l'altitude du plancher de la zone de stockage par rapport à la position basse de l'ascenseur d'orchestre sachant que le code hexadécimal correspondant à l'altitude de ce plancher est **0x184E**.

**2.3/ Donner** en binaire puis en hexadécimal le nombre codant l'altitude maximale. En **déduire** le nombre de bits nécessaires pour coder l'altitude de l'ascenseur d'orchestre. Ce résultat est-il conforme à l'exigence « **codage** » donnée en annexe page 19 ?

- fin énoncé -