

Génie électrique

Exercices et problèmes corrigés

**IUT – BTS – CPGE (TSI et ATS)
Écoles d'ingénieurs**

***Les grandes fonctions
de la chaîne d'information***

Christophe FRANÇOIS
avec la collaboration de Patrick SOLEILHAC



GÉNIE ÉLECTRIQUE

Les grandes fonctions de la chaîne d'information

Exercices et problèmes corrigés

IUT, BTS, CPGE (TSI et ATS), écoles d'ingénieurs

Christophe FRANÇOIS

Professeur de chaire supérieure en sciences industrielles de l'ingénieur
en CPGE TSI 1 et TSI 2 au lycée Louis Rascol d'Albi
Ancien élève de l'École supérieure d'électricité et de l'École centrale de Nantes

avec la collaboration de **Patrick SOLEILHAC**

Professeur agrégé en sciences industrielles de l'ingénieur en STI2D et BTS
au lycée Louis Rascol d'Albi



Retrouvez les livres de cet auteur sur notre site internet :

<http://www.editions-ellipses.fr/>



ISBN 9782340051812

© Ellipses Édition Marketing S.A., 2018

32, rue Bague 75740 Paris cedex 15



Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5.2° et 3°a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

Avant propos

Cet ouvrage complète le livre "**Cours complet illustré – Les grandes fonctions de la chaîne d'information**" publié aux éditions ELLIPSES en septembre 2016.

En effet, ce recueil d'exercices et de problèmes corrigés regroupe des extraits de :

- **Concours pour les étudiants de Classes Préparatoires Scientifiques filière TSI.**

Cette filière s'adresse exclusivement aux bacheliers **STI2D** quelle que soit leur spécialité, ainsi qu'aux bacheliers **STL** de la spécialité **SPCL** (sciences physiques et chimiques en laboratoire).

On trouvera les épreuves suivantes :

- ***Concours Commun Polytechnique (CCP)** regroupant les Ecoles Normales Supérieures d'Ingénieurs et l'Ecole Normale Supérieure de CACHAN ;*
- ***Concours Centrale Supélec Mines Ponts (CSMP) ;***

- **Concours pour les étudiants de Classes Préparatoires Scientifiques filière ATS.**

Cette filière s'adresse aux étudiants titulaires d'un DUT ou d'un BTS.

Enfin, certains exercices et problèmes s'inspirent directement des épreuves de **Sciences de l'Ingénieur** du baccalauréat général série **Scientifique** (bac **SSI**).

Comme il était difficile de proposer en un seul ouvrage des exercices pertinents couvrant l'ensemble des champs du génie électrique, deux recueils ont été écrits. Celui-ci touche principalement aux **grandes fonctions de la chaîne d'information** que l'on retrouve dans l'architecture fonctionnelle générique d'un produit pluritechnique : **ACQUÉRIR, TRAITER et COMMUNIQUER**. Le second, dans la même collection, s'intéresse aux **grandes fonctions de la chaîne d'énergie** : **ALIMENTER, DISTRIBUER, CONVERTIR et TRANSMETTRE**.

Les exercices et problèmes sont classés par thème permettant ainsi de traiter des sujets sur un domaine précis. Leur longueur et/ou leur difficulté sont précisées par un astérisque *, ** ou ***.

Ils sont destinés aux élèves des classes préparatoires **TSI** et **ATS** bien évidemment, mais d'une façon générale, à tous les étudiants des cursus **bac + 1 à bac + 3, BTS, IUT, licence EEA** et **1^{ère} année d'école d'ingénieurs**, ainsi que les auditeurs de la formation continue, souhaitant asseoir ou rafraîchir leurs connaissances dans ce domaine.

Un index, en fin d'ouvrage, permet d'accéder plus rapidement, par mots clés, aux exercices désirés.

Je remercie tous les auteurs de ces extraits et particulièrement ceux qui me sont bien connus, mais aussi mon ami et collègue **Patrick SOLEILHAC**, professeur agrégé de génie électrique au lycée Louis RASCOL d'ALBI, pour sa relecture attentive et l'aide très précieuse, qu'il m'a apportée.

Enfin, je dédie cet ouvrage à mon petit neveu Tom, qui nous a rejoints le 6 septembre 2016. Il fait le bonheur de ses parents Antony et Jessica, de sa petite sœur Lilou et de toute la famille.

Christophe FRANÇOIS

Table des matières

1. Acquisition de l'information

Thème n°1 : Codeurs incrémentaux et absolus

1. Contrôle de la position sur un robot laveur de sol (bac SSI 2013)	11
2. Gestion de la distance entre deux véhicules de la « maison hantée » (ATS 2009)	14
3. Mesure de l'altitude d'une plate-forme d'ascenseur d'orchestre (ATS 2017)	17
4. Système de mesure de la hauteur des palettes sur une housseuse	21
5. Contrôle de la position des tôles sur une presse multi-poinçonnage (CCP 2009)	24
6. Choix de codeurs pour transport intelligent (Concours général bac SSI 2007)	28
7. Acquisition de la position et de la vitesse du chariot tracteur de la tour Eiffel (CSMP 2013)	35

Thème n°2 : Capteurs électriques et détecteurs

8. Choix d'un détecteur pour un tapis de convoyeur	41
9. Mesure de température avec un capteur intelligent	44
10. Modélisation du comportement d'un accéléromètre (ATS 2013)	47
11. Mesure du diamètre d'une bobine d'aluminium avec un capteur à ultrasons	49
12. Contrôle du positionnement d'une trancheuse de gommes de pneumatiques	54
13. Acquisition de la position d'un appui sur une dalle tactile (concours général STI 2012)	60

2. Traitement de l'information

Thème n°3 : Traitement analogique - fonction « filtrage »

14. Conditionnement du signal issu d'une photodiode	71
15. Contrôle de la tension de la batterie sur un chariot de golf électrique	74
16. Comparaison de mesures de courant dans l'induit d'un MCC (CSMP 2011)	80
17. Mesure de la vitesse de déplacement d'une laveuse auto-portée (ATS 2015)	84
18. Mesure de la tension du câble sur un télésiège débrayable 6 places (CCP 2016)	87
19. Contrôle de la vitesse sur un banc d'essais dynamiques (Sujet 0 CSMP 2007)	91
20. Adaptation d'impédance sur un système de détection « RFID » (CCP 2014)	97

Thème n°4 : Traitement analogique - fonction « amplification »

21. Conditionnement du signal dans un capteur de pression différentielle	100
22. Mesure des force de freinage sur un spreader de porte-conteneurs (CCP 2012)	106
23. Mesure de la pression atmosphérique sur une station météorologique	114
24. Contrôle des températures sur une machine d'analyse sanguine (CCP 2008)	123
25. Contrôle du centrage des tôles sur une chaîne de recuit continu (CSMP 2010)	131

Thème n°5 : Traitement numérique

26. Mesure de la vitesse de rotation du moteur sur un télésiège débrayable (CCP 2016)	136
27. Acquisition de la position d'une pédale d'accélération (Concours général STI 2010)	141
28. Mesure et réduction du bruit sur les ponts ferrés métalliques	147
29. Commande en vitesse d'un moteur de convoyeur (BTS IRIS 2007)	152
30. Acquisition et traitement du signal ECG (électrocardiogramme) (BTS SE 2009)	157
31. Détection des marches sur le TopChair S® (CCP 2013)	166

Thème n°6 : Chaîne de traitement de l'information (sujets de synthèse)

32. Mesure de l'effort exercé sur une barre de manège (ATS 2009)	180
33. Test des performances des BTP d'hélicoptères sur un banc d'essai (CCP 2015)	187
34. Acquisition de l'intention de mise en mouvement d'un porteur d'exosquelette (CSMP 2017)	198
35. Réalisation du capteur de tension sur le système VARIVOLT (CSMP 2012)	205
36. Mesure de la position des vérins sur une plate-forme HEXAPODE (CSMP 2008)	212
37. Chaîne de mesure du déplacement du CARDIOLOCK1 (CSMP 2012)	221

Thème n°7 : Traitement logique et séquentiel

38. Contrôle du positionnement d'un chariot transbordeur	233
39. Gestion de la position de la hanche d'un robot humanoïde (CCP 2006)	239
40. Modulateur de largeur d'impulsion numérique (ATS 2007 modifié)	245
41. Décodage des ordres reçus par un positionneur d'antenne parabolique (bac SSI 2003)	249
42. Décodage des signaux horaires sur une montre bracelet Autoquartz (CSMP 2014)	253
43. Capteurs d'assiette sur un système de correction de portée de phare automobile	257
44. Commande de la ventilation d'un tunnel autoroutier	260
45. Cycle de démarrage de la Renault Twizy (Mines Ponts PSI 2017)	265

3. Communication de l'information

Thème n°8 : Modulation d'amplitude

46. Contrôle du positionnement d'un axe de préhenseur (CSMP 2016)	271
47. Acquisition de la position du rotor sur un moteur brushless (CSMP 2007)	275

Thème n°9 : Réseaux et bus de terrain

48. Mise en réseau des tapis de course d'une salle de gymnastique (bac SSI 2008)	283
49. Gestion des portes de tramway par bus MVB (bac SSI 2004)	287
50. Gestion des adresses IP sur une installation automatisée de traite (CCP 2014)	291
51. Supervision à distance par réseau Ethernet du tri postal (bac SSI 2007)	296
52. Supervision à distance d'une conditionneuse en milieu alimentaire (bac SSI 2006)	302
53. Supervision à distance de la production d'une ferme éolienne	310
54. Supervision à distance d'un forage d'eau potable (CSMP 2009 modifié)	317
55. Gestion des systèmes électroniques embarqués dans la C6 (BTS SE 2010)	324
56. Gestion d'un îlot de production par réseau local industriel AS-I (CSMP 2007)	332
57. Mesure de l'inclinaison du WHING et transmission par bus I ² C (CCP 2017)	337

Bibliographie	347
----------------------------	-----

Index	349
--------------------	-----



N'hésitez pas à faire vos remarques et suggestions sur ce livre à l'adresse E-MAIL suivante :

christophe.francois@rascol.net

Je vous en remercie d'avance.

1. Acquisition de l'information

1. Présentation

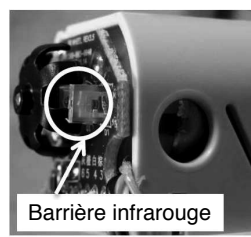
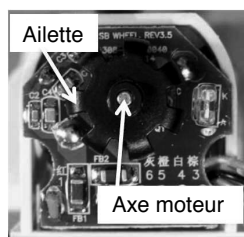
Assurer ses tâches ménagères est une activité suffisamment longue au quotidien pour que certains d'entre nous aient envie d'en réduire la charge. C'est l'offre proposée par les constructeurs de robots domestiques, qui répondent à la fois à cette recherche de temps libre et à un engouement pour les produits 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 €).



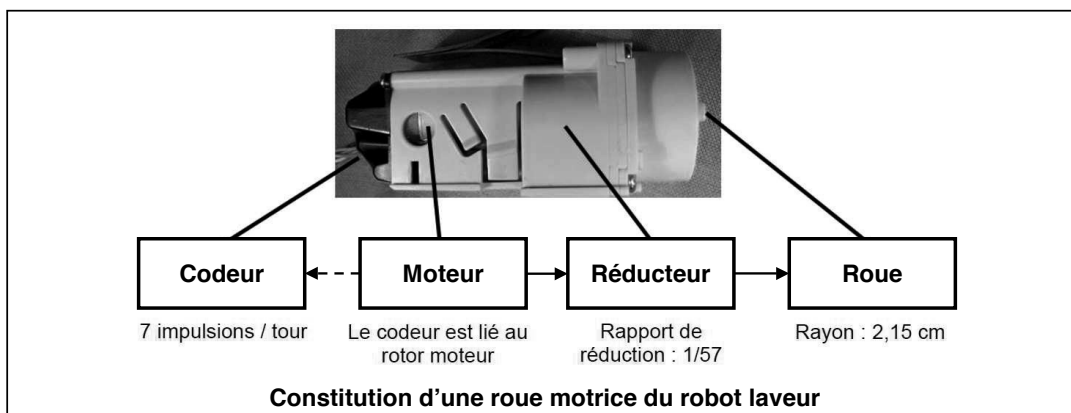
2. Contrôle angulaire des roues motrices

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⁻¹**.

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 $\Delta_{\text{roue}} = \pm 5 \text{ mm}$.

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.**

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

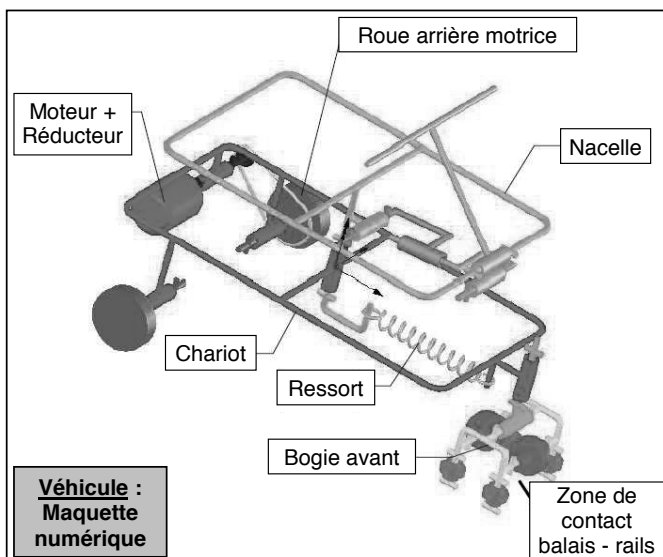
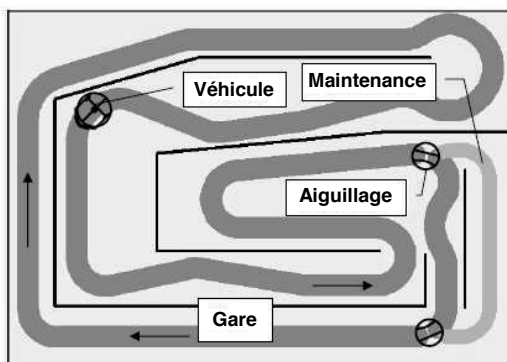
□ Structure d'un véhicule

Les personnes sont transportées par un véhicule comportant deux roues arrières 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.



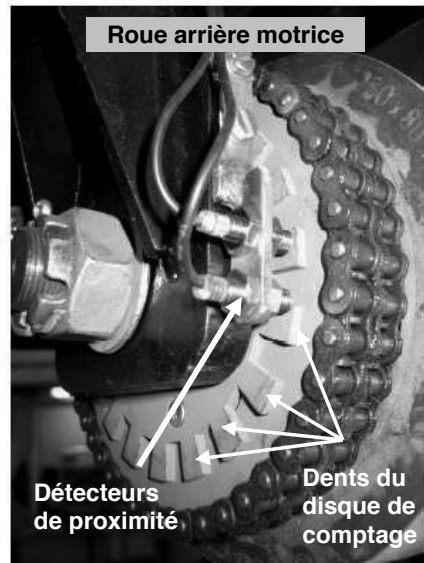
2. Etude de la fonction « Gérer la distance entre les véhicules »

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 $L_p = 192 \text{ m}$, le périmètre minimal de la roue est : $\pi D_r = 0,691 \text{ m}$.

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 $M_2 - M_1 \geq 27$)

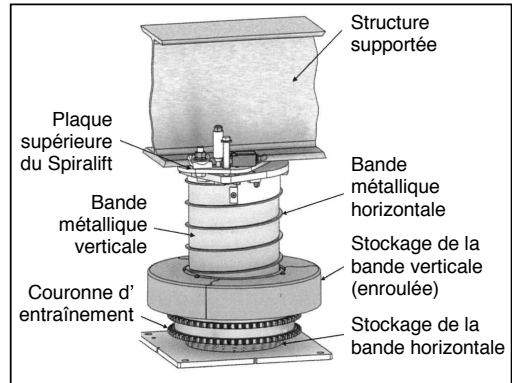
2.4/ Le nombre de dents ($N_d = 19$) du disque est bien inférieur à 29, on ne dépassera donc pas la capacité de comptage du compteur. La fréquence de comptage ($f_{max} = 35,7 \text{ Hz}$) est bien inférieure à 5 kHz. La précision du comptage est largement suffisante pour détecter la distance minimale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

- fin corrigé -

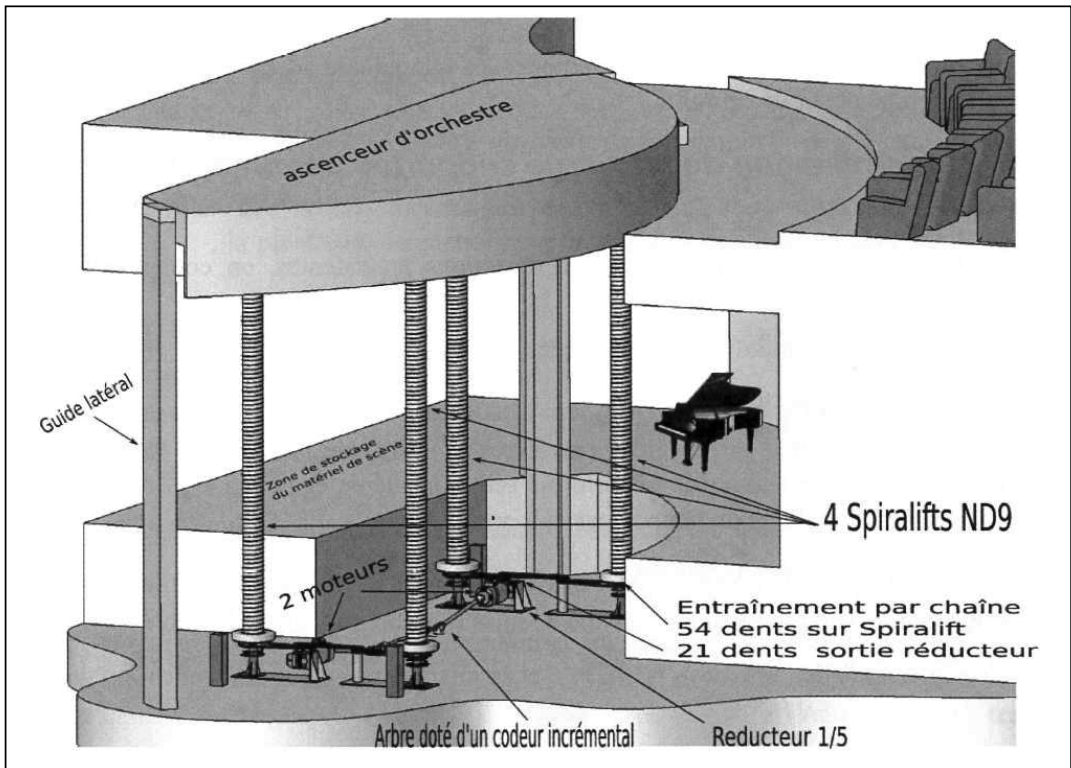
1. Présentation

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

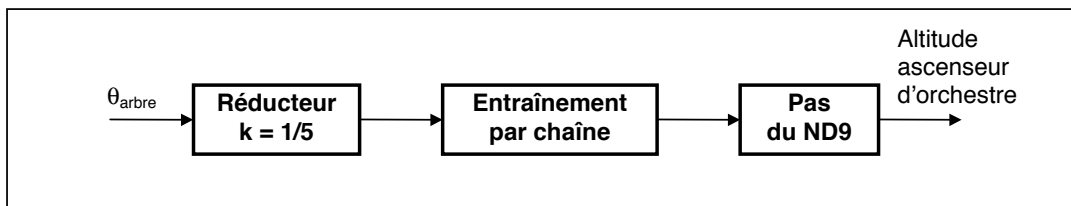
La mesure de l'altitude de l'ascenseur d'orchestre est déduite de la position angulaire (sur plusieurs tours) de l'arbre d'entraînement du **Spiralift**.

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.

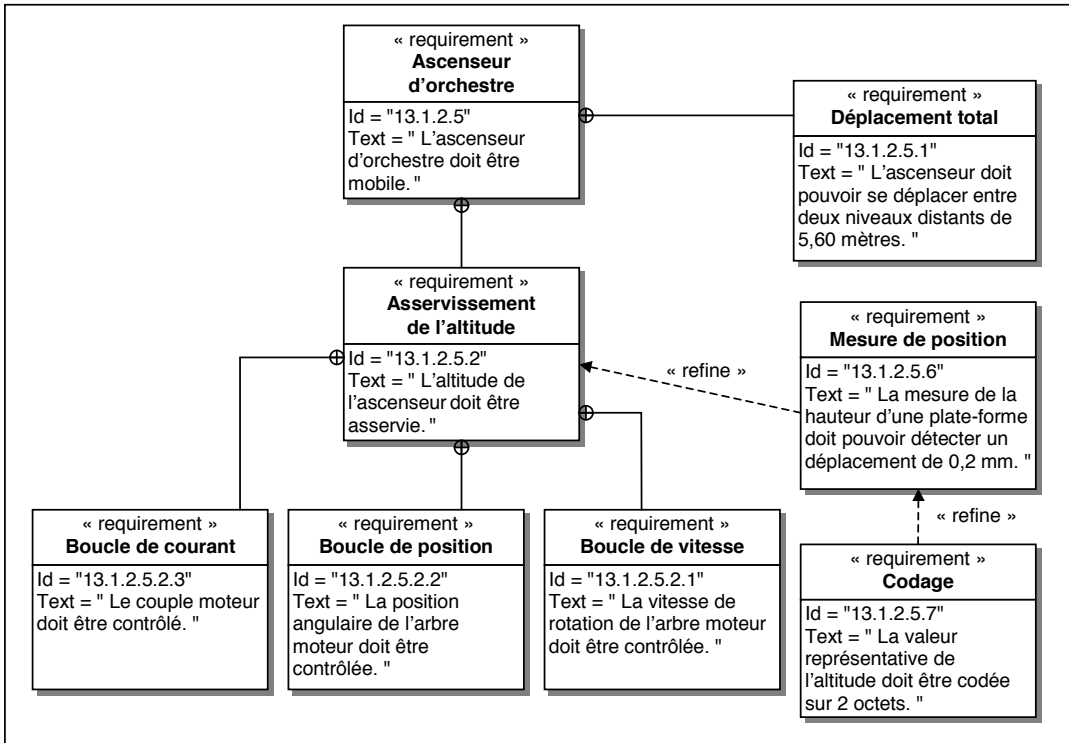
2.2/ Déterminer l'altitude du plancher de la zone de stockage par rapport à la position basse de l'ascenseur d'orchestre sachant que le code hexadécimal correspondant à l'altitude de ce plancher est **0x184E**.

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 -

ANNEXE

□ Diagramme partiel des exigences



CORRIGÉ

2.1/ Le codeur est monté sur l'arbre d'entraînement du **SPIRALIFT**. Lorsque le codeur effectue un tour, donc délivre **32 impulsions**, la plate-forme se déplace d'une distance **d** :

$$d = k \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot p = \frac{1}{5} \cdot \frac{21}{54} \cdot 52,9 = 4,114 \text{ mm}$$

Le plus petit écart d'altitude e_c de l'ascenseur mesurable par ce dispositif correspond à l'écart entre deux impulsions soit :

$$e_c = \frac{4,114 \text{ mm}}{32} \approx \boxed{0,1286 \text{ mm}}$$

Cet écart est inférieur à **0,2 mm**, imposé par le diagramme des exigences page 19. L'exigence « **mesure de position** » est donc **satisfaite**.

Nota : La mesure de l'altitude fournie par le codeur peut être faussée par les jeux dans la chaîne cinématique.

2.2/ Le code hexadécimal correspondant à l'altitude du plancher est **0x184E** soit :

$$1 \cdot 16^3 + 8 \cdot 16^2 + 4 \cdot 16^1 + 14 \cdot 16^0 = 6222_{(10)}$$

L'ascenseur s'est donc déplacé de **6222 x e_c** soit :

$$6222 \cdot 0,1286 \approx \boxed{800 \text{ mm}}$$

L'altitude du plancher de la zone de stockage est donc de **0,8 m**.

2.3/ La course totale de l'ascenseur est de **5,6 m** ce qui correspond à :

$$\frac{5600}{0,1286} \approx 43550 \text{ impulsions}$$

Pour coder en binaire le nombre **43550**, il faut un nombre de bits **n** tels que $2^n - 1 \geq 43550$. On en déduit :

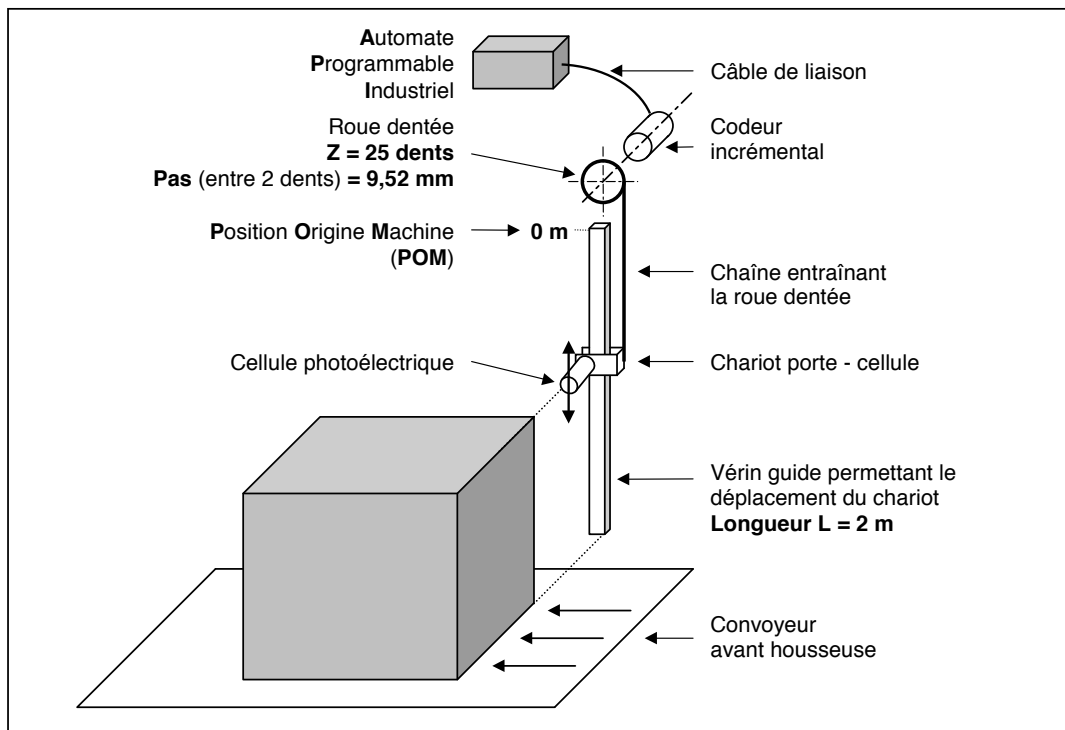
$$n \geq \frac{\ln 43551}{\ln 2} = 15,4$$

il faut donc **n = 16 bits** ce qui correspond à un mot de **deux octets**.

Ce résultat est tout à fait **conforme** à l'exigence « **codage** » donnée en annexe page 19.

- fin corrigé -

Des palettes de bouteilles de plastique d'eau sont recouvertes d'une housse plastique avant d'être acheminées vers une aire de stockage. Cette opération est effectuée par une housseuse. Afin d'assurer la nouvelle demande des clients (palettes de **720** ou **840** bouteilles), la longueur de la housse devra être variable. Un dispositif de mesure de la hauteur (voir schéma ci-dessous) permettra de prévoir la longueur de la housse.



Le chariot porte - cellule descend à partir de la position origine machine (**POM**). Il se déplace grâce au vérin et entraîne la chaîne, qui met en rotation la roue dentée de diamètre $D = \text{Pas} / \sin(180^\circ/Z)$.

Le codeur incrémental de référence **XCC - HF4R10** (cf. annexe 1 page 22) est monté sur l'axe de la roue dentée. Quand la cellule détecte le haut de la palette, elle commande l'arrêt du chariot et revient en **POM**. L'information "hauteur de la palette" est transmise par le codeur à l'entrée de comptage de l'Automate Programmable Industriel (API).

- 1/ **Rechercher** à l'aide de l'annexe 1 page 22 la résolution **R** du codeur installé sur le système.
- 2/ **Déterminer** le nombre de tours n_1 effectués par la roue dentée pour une palette de hauteur $h = 1,2$ m. En **déduire** le nombre d'impulsions i_1 délivrées par la voie **A** du codeur pour cette palette puis la précision **p** en **mm** de la mesure de la hauteur des palettes.
Nota : Vous donnerez les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.
- 3/ On visualise la forme des signaux sur les voies **A** et **Z** du codeur avec un oscilloscope. A l'aide du document donné en annexe 2 page 22, **déterminer** les fréquences f_A et f_Z des signaux relevés sur les voies **A** et **Z**. **Retrouver** alors la valeur de **R**.
- 4/ Ces signaux sont envoyés vers l'API afin d'être comptés. Le module d'Entrées / Sorties de l'API est-il adapté pour les recevoir ? **Justifier** en vous aidant du document fourni en annexe 3.

Le nombre d'impulsions reçues par l'entrée de comptage de l'API est converti en un nombre binaire codé sur **10 bits**.

5/ **Donner** le nombre binaire puis hexadécimal correspondant au nombre i_1 calculé au 2/.

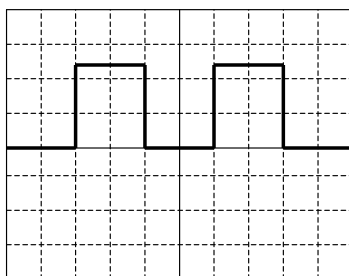
- fin énoncé -

ANNEXE 1 : Codeurs rotatifs incrémentaux

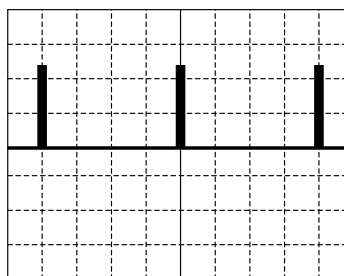
Codeurs rotatifs incrémentaux à raccordement par embase à l'arrière XCC - HF4 * ●															
1. Remplacer le signe * par la lettre correspondante suivante															
*	Étage de sortie		Tension d'alimentation (Vcc) Ondulation comprise +5%-10%				Courant de sortie maxi par voie (mA)		Nombre de voies		Fréq. maxi de lecture (kHz)				
R	NPN		24				50		A B Z		25				
E	NPN		24				50		A \bar{A} B \bar{B} Z \bar{Z}		25				
F	PNP		5				50		A \bar{A} B \bar{B} Z \bar{Z}		25				
H	PNP		24				50		A B Z		25				
2. Remplacer le signe ● par le chiffre correspondant à une résolution R standard (nombre de périodes)															
●	10	11	12	13	14	15	17	19	20	25	30	32	33	35	40
R	50	60	100	128	180	200	250	300	360	400	500	512	625	800	1000

ANNEXE 2 : Oscillogrammes des signaux de sortie du codeur

Voie A : 1 ms / Div – 10 V / Div



Voie Z : 50 ms / Div – 10 V / Div



ANNEXE 3 : Modules d'Entrées / Sorties de l'API

Entrées / Sorties TOR	Nombre dans la base	120
	maximum à distance (TSX 07)	0
	d'E/S TOR à distance sur bus AS-i	0
	Nombre 28 entrées / sorties TOR	3
	maximum 32 entrées / sorties TOR	1
	de modules 64 entrées / sorties TOR (haute densité)	1
	Déport d'entrées / sorties (pour E/S TSX 07 ou bus AS-i)	0
Analogique	Nombre de modules d'entrées / sorties analogiques	2
	Nombre d'entrées analogiques	16
	Nombre de sorties analogiques	8
Comptage	Nombre de voies de comptage 500 Hz sur entrées TOR	2
	Nombre de modules de comptage	2

CORRIGÉ

1/ La référence du codeur **XCC - HF4 R10** conduit à une résolution ($R10 \Rightarrow 50$) :

$$\boxed{R = 50 \text{ pts/tour}}$$

(ou 50 impulsions / tour)

2/ Pour une palette de hauteur h , le chariot porte - cellule doit parcourir la distance $2 - h$ en mètres. La roue dentée tourne alors de :

$$n_1 = \frac{L - h}{\pi D} = \frac{800}{\pi \cdot 76} \Rightarrow \boxed{n_1 = 3,35 \text{ tour}} \quad \left(\text{car } D = \frac{\text{Pas}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{Z}\right)} = 76 \text{ mm} \right)$$

Le périmètre de la roue dentée pouvait encore s'écrire $\pi D = Z \cdot \text{pas} = 238 \text{ mm}$.
On en déduit le nombre d'impulsions fournies par la roue dentée :

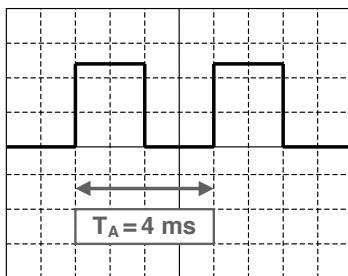
$$i_1 = n_1 \cdot R \Rightarrow \boxed{i_1 = 168}$$

Puis la précision en mm de la mesure de la hauteur des palettes :

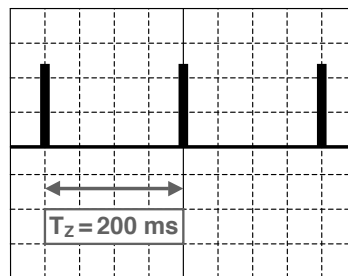
$$p = \frac{L - h}{i_1} = \frac{800}{168} \Rightarrow \boxed{p = 4,8 \text{ mm}} \quad \left(\text{ou } p = \frac{\pi D}{R} = \frac{Z \cdot \text{pas}}{R} \right)$$

3/ Les fréquences des signaux issus du codeur valent respectivement :

Voie A : 1 ms / Div – 10 V / Div



Voie Z : 50 ms / Div – 10 V / Div



$$f_A = \frac{1}{T_A} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} = \boxed{250 \text{ Hz}}$$

$$f_Z = \frac{1}{T_Z} = \frac{1}{0,2} = \boxed{5 \text{ Hz}}$$

On retrouve la valeur de R :

$$\boxed{R = f_A / f_Z = 50 \text{ pts/tour}}$$

4/ Le module d'entrées / sorties de l'automate convient car la fréquence maximale de comptage sur les entrées TOR est $f_C = 500 \text{ Hz} > f_A$ et f_Z .

5/ Les conversions donnent : $\boxed{168 = 0010101000_{(2)} = A8_{(16)}}$ (ou **0xA8** pour l'hexadécimal)

- fin corrigé -

1. Présentation

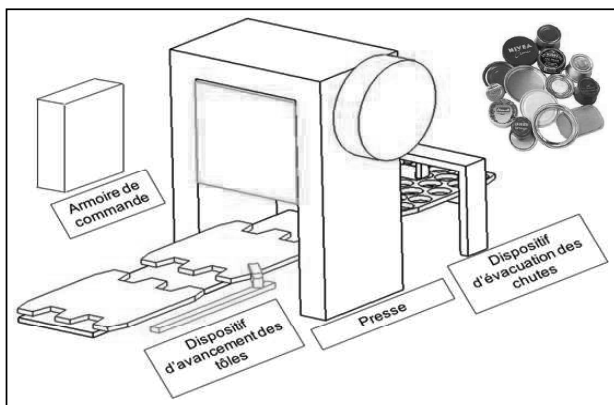
La presse multi-poinçonnage permet la fabrication de couvercles de boîtes de conserves.

Elle s'adapte à de nombreux types de production. On peut ainsi modifier :

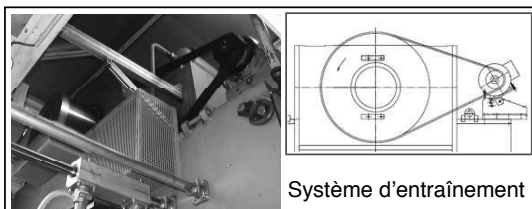
- Le nombre et le diamètre des outils.
- La taille, l'épaisseur et le matériau des tôles à poinçonner.

La presse est constituée de quatre grandes parties :

- Armoire de commande.
- Dispositif d'avancement des tôles.
- Presse.
- Dispositif d'évacuation des tôles.



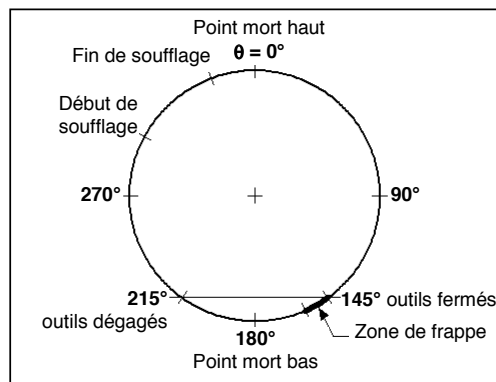
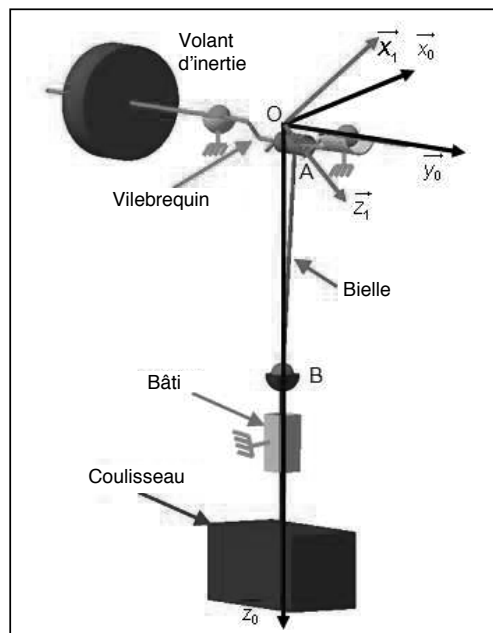
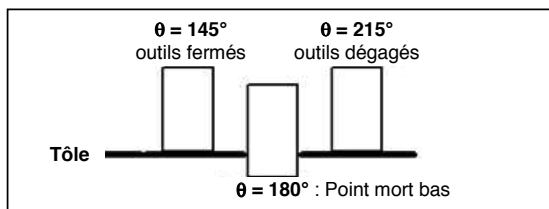
Un **moteur asynchrone triphasé** assure la rotation d'un dispositif « vilebrequin + coulisseau » qui entraîne les outils en translation. Un codeur situé sur l'arbre moteur permet de connaître la position angulaire θ du vilebrequin.



Le mouvement du coulisseau est symbolisé par le diagramme suivant. Lorsque le coulisseau est suffisamment remonté, les tôles sont acheminées d'un pas par un système de pince. La pince est entraînée en translation par un moteur à courant continu avant le poinçonnage suivant.

Après le poinçonnage, les outils remontent, les couvercles restent accrochés aux outils, un dispositif de soufflage permet de les décrocher.

En cas de détection de défaut (couvercle non évacué), le coulisseau est désaccouplé du moteur par l'intermédiaire d'un embrayage. Le coulisseau doit être freiné avant le poinçonnage suivant.

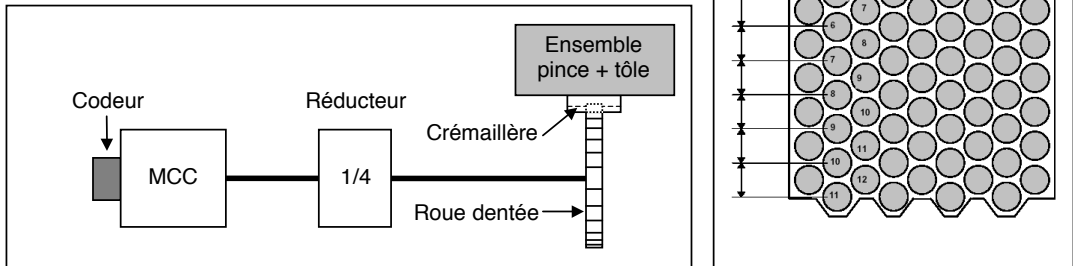


2. Etude du système d'avancement de la pince

Objectif : Déterminer le temps disponible pour l'avancement dans un cycle de fonctionnement.

La tôle est acheminée par pas successifs de $d_p = 77 \text{ mm}$ entre chaque coup de coulisseau. Le positionnement doit se faire avec une précision de $0,02 \text{ mm}$ pour diminuer au maximum les chutes de matière lors du poinçonnage.

Une pince permet de maintenir la tôle. Elle est elle-même entraînée en translation par l'intermédiaire d'un ensemble « moteur à courant continu + système pignon - crémaillère ».



La roue dentée entraînant la crémaillère dispose de $Z = 24 \text{ dents}$, le pas d'une dent est $p = 5 \text{ mm}$. Un codeur incrémental est situé sur l'axe du moteur. Il doit être capable de détecter un déplacement de $0,02 \text{ mm}$.

2.1/ Déterminer le nombre de points par tour nécessaire.

Ce codeur dispose de trois signaux en sorties : **A**, **B** et **Z**

- Les signaux **A** et **B** sont déphasés d'un angle de 90° .
- Le signal **Z** correspond au top zéro.

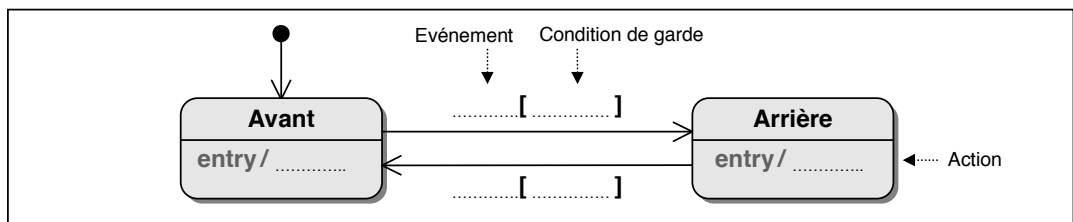
2.2/ Tracer les chronogrammes des signaux **A** et **B** sachant que **A** est en avance sur **B** pour un déplacement avant.

On désire détecter le sens de déplacement de l'ensemble à l'aide de la variable logique **S** :

- **S = 1** pour un déplacement avant
- **S = 0** pour un déplacement arrière

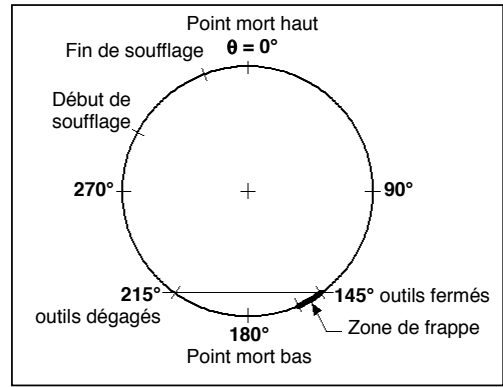
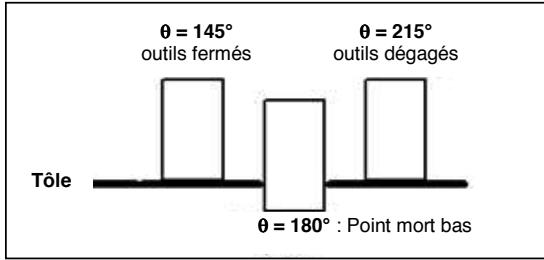
2.3/ A partir des chronogrammes, donner l'équation logique de **S** en fonction des signaux de sortie **A** et **B** du codeur. Vous utiliserez les notations non booléennes \uparrow ou \downarrow (front montant ou descendant) pour indiquer la prise en compte des changements d'états de variables.

2.4/ Proposer une solution matérielle utilisant une bascule puis une solution logicielle basée sur le graphe d'états suivant. Les actions et les transitions de ce graphe sont à **définir**.



Remarque : On notera **Fr_A** (ou **B**) l'événement déclenché par un front montant sur la voie **A** (ou **B**) : $\text{Fr}_A \Leftrightarrow \uparrow A$ ou $\text{Fr}_B \Leftrightarrow \uparrow B$.

Entre 0° et 145° et entre 215° et 360° , les poinçons sont sortis de la plaque. La tôle peut avancer. Les positions caractéristiques du vilebrequin sont rappelées sur la figure ci-contre.



2.5/ Déterminer le temps de cycle maximum T_{Cmaxi} disponible pour effectuer le déplacement de la tôle. On sait que la cadence maximum est de **240 coups / minute**, que la vitesse du moteur est constante durant le cycle et que les positions outils fermés et outils dégagés sont respectivement à 145° et 215° .

2.6/ Pour un déplacement de la tôle à vitesse maximum $V_{max} = 1,5 \text{ m/s}$, **déterminer** le temps T_v nécessaire pour parcourir la distance d_p . En **déduire** le temps approximatif disponible T_t pour les phases transitoires de vitesse (phases d'accélération et de décélération).

- fin énoncé -

CORRIGÉ

2. Etude du système d'avancement de la pince

2.1/ Nombre de points par tour

La crémaillère se déplace de $Z.p = 24 \times 5 = 120 \text{ mm}$ pour un tour de roue dentée.

Lorsque le codeur (ou l'arbre moteur) effectue un tour, la roue dentée tourne de $\frac{1}{4}$ de tour et la crémaillère se déplace de **30 mm**.

Le codeur doit être capable de détecter un déplacement de **0,02 mm**.
Le nombre **N** de points par tour nécessaire est donc :

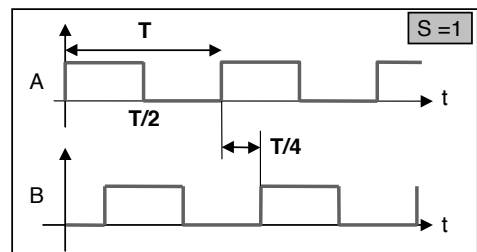
$$N = \frac{30}{0,02} = \boxed{1500 \text{ pts/tour}}$$

2.2/ Chronogrammes de A et B

Lorsque $S = 1$, le signal **A** est en **quadrature avance** sur **B**.

2.3/ Equations logique de S

Le décalage électrique des signaux **A** et **B** permet de discriminer le sens du déplacement.



Pour un déplacement avant, lors d'un **front montant** (\uparrow) du signal **A**, le signal **B** est à « 0 ».

Par conséquent : $S = \uparrow A \cdot \bar{B}$ ou $S = \uparrow B \cdot A$

On aurait pu raisonner également sur les fronts descendants : $S = \downarrow A \cdot B$ ou $S = \downarrow B \cdot \bar{A}$

Indispensable complément du *Cours complet illustré - Les grandes fonctions de la chaîne d'information* du même auteur aux éditions Ellipses, cet ouvrage s'adresse à tous les étudiants qui souhaitent acquérir, consolider et/ou approfondir leurs connaissances dans le domaine du génie électrique.

Il réunit des exercices et des problèmes corrigés classés par thème et par difficulté, issus principalement des concours d'entrée en écoles d'ingénieurs (Centrale-Supélec Mines-Ponts et Concours Commun Polytechnique) pour les classes préparatoires TSI et ATS et des épreuves de sciences de l'ingénieur du baccalauréat général série scientifique (SSI).

• Acquisition de l'information

- Codeurs incrémentaux et absolus ;
- Détecteurs et capteurs électriques : accéléromètre, jauges de contraintes, LDR, etc.

• Traitement de l'information

- Traitement analogique : conditionnement, amplification, comparaison, filtrage ;
- Traitement numérique : théorème de Shannon, filtre anti-repliement, conversion analogique-numérique, filtrage numérique ;
- Traitement logique et séquentiel : fonctions logiques de base, bascule, compteur, représentation par graphe d'états.

• Communication de l'information

- Modulation d'amplitude : application aux résolveurs ;
- Réseaux et bus de terrain : AS-I, CAN, I²C, MVB, Ethernet, etc.

Ces exercices et problèmes s'adressent, par ailleurs, à tous ceux qui abordent le génie électrique, étudiants des sections de BTS, IUT et des cycles universitaires des écoles d'ingénieurs. Ils sont aussi destinés à tous ceux qui préparent des concours dont le champ d'évaluation est le génie électrique mais aussi aux ingénieurs désireux de mettre à jour leurs connaissances. Les corrigés sont détaillés et accompagnés de nombreuses explications qui permettront à chacun de mieux orienter son travail et d'assimiler pleinement le thème abordé.

Christophe François, ancien élève de l'École supérieure d'Électricité (Supélec) et de l'École centrale de Nantes (ECN), professeur de chaire supérieure en sciences industrielles de l'ingénieur, enseigne depuis près de vingt ans en classes préparatoires TSI-1 et TSI-2 au lycée général et technologique Louis Rascol d'Albi dans le Tarn.

Du même auteur



9 782340 023390

