

SESSION 2010

**AGREGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : MÉCANIQUE

ÉPREUVE PORTANT SUR L'ÉTUDE D'UN PROBLÈME D'AUTOMATISATION

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique - à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

PORTIQUE DE SCENE

INTRODUCTION

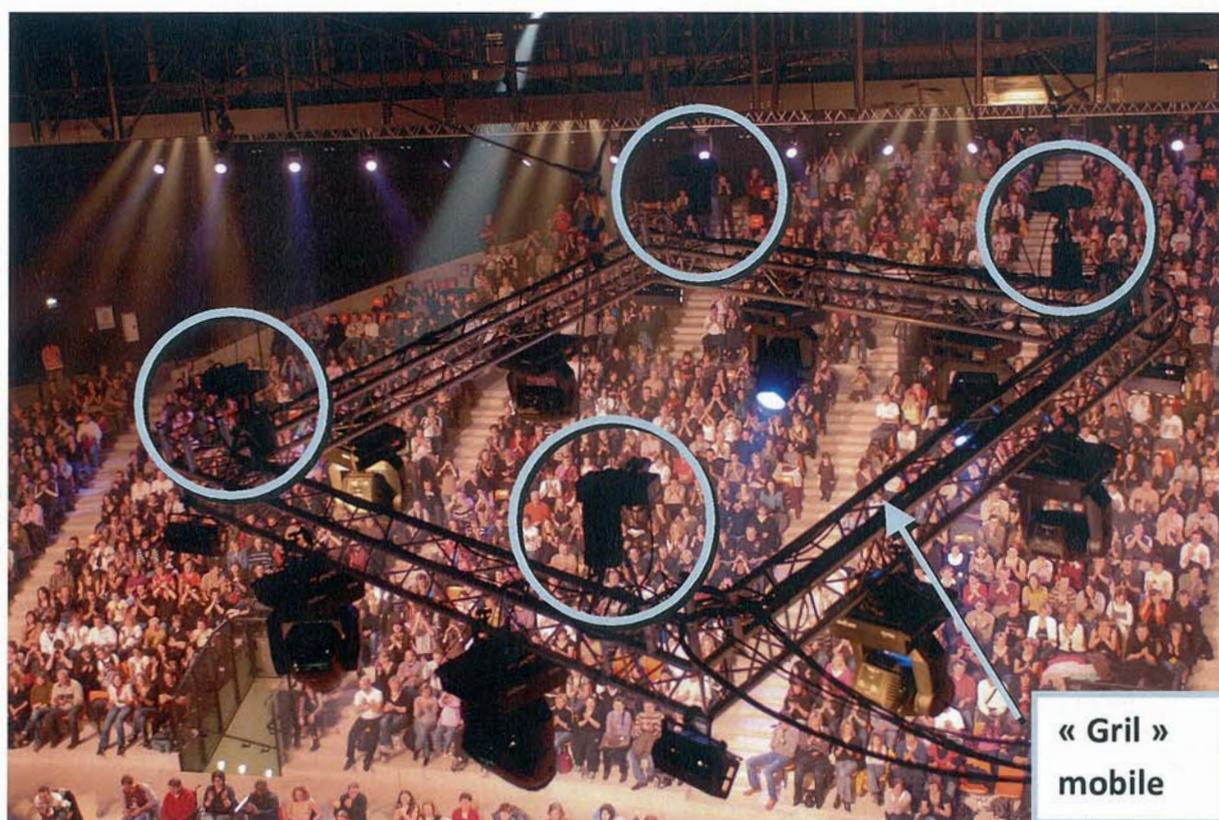
La mise en scène visuelle et l'éclairage scénique sont des éléments clés de la réussite d'un spectacle. Ils permettent la mise en valeur de l'artiste et la création d'une ambiance « magique » source d'émotion chez le spectateur.

Dans le cadre d'un concert, vous avez droit à des tapis de brume traversés d'éclairs pourpres, des faisceaux lasers balayant des volutes colorées, des motifs et volumes évoluant au rythme de la musique : un concert se regarde autant qu'il s'écoute...

L'éclairagiste est un artiste qui travaille en partenariat très étroit avec le metteur en scène et le scénographe. A partir de ce travail d'équipe, l'éclairagiste conçoit un éclairage. Le service technique le traduit en matériel et en possibilités d'accrochages sur les structures porteuses aussi appelées grils.

Le matériel d'éclairage a évolué ces dernières années et le concepteur lumière dispose de multiples choix.

La figure 1 montre un gril mobile équipé de projecteurs, et suspendu à la structure fixe d'une salle de spectacle. Quatre palans électriques asservis en vitesse et position (encerclés sur la figure 1) permettent de mettre le gril en mouvement et de proposer toutes sortes de « figures » aux spectateurs. Il est impératif, que les lois de mouvement programmées soient respectées de manière précise, ceci pour des raisons évidentes de sécurité.



« Gril »
mobile

Figure 1 : Gril mobile avec projecteurs suspendu par quatre palans.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU PALAN

1 – Constitution du système automatique



PALAN STAGEMAKER « Intelligent »

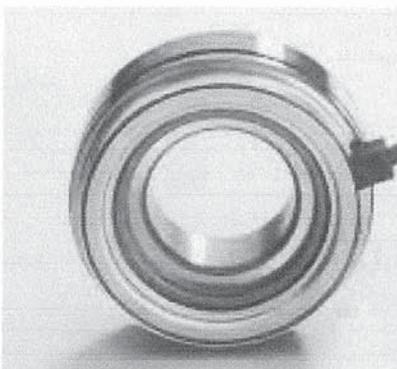
(Voir Document ressource 1)

- Alimentation 3x400V-50Hz.
- Codeur incrémental (dans le roulement)
- Codeur absolu (numérique)
- Jauge de déformation pour calcul de la charge
- variateur à flux vectoriel, intégré
- Fins de course à cames, 2 contacts (Haut et Bas)
- Protection thermique du moteur
- Prise de diagnostic
- Définition de la vitesse à 0,1mm/s près
- Précision de positionnement de 0,1 mm
- Un frein électromagnétique

2 – Principales caractéristiques du système automatique

Type	Capacité	Vitesse linéaire	Brin	Puissance	In	Id
SM10 5016	500 Kg	0 à 20 m/min	1	1,75 Kw	3,4 A	16 A
Vitesse rotation	Rapport réduction	Hauteur de levée		Chaine		
2780 tr/mn	31,9	13 m		6.8x17.8 mm		

3 – Mesure de position



ROULEMENT CODEUR

Le codeur, constitué par un roulement à billes SKF avec capteur d'impulsions intégré, est très robuste et incorporé au palan. Le roulement codeur génère n impulsions par rotation complète pour le signal A et le signal B,

Partie A : Etude de la commande séquentielle du Gril mobile

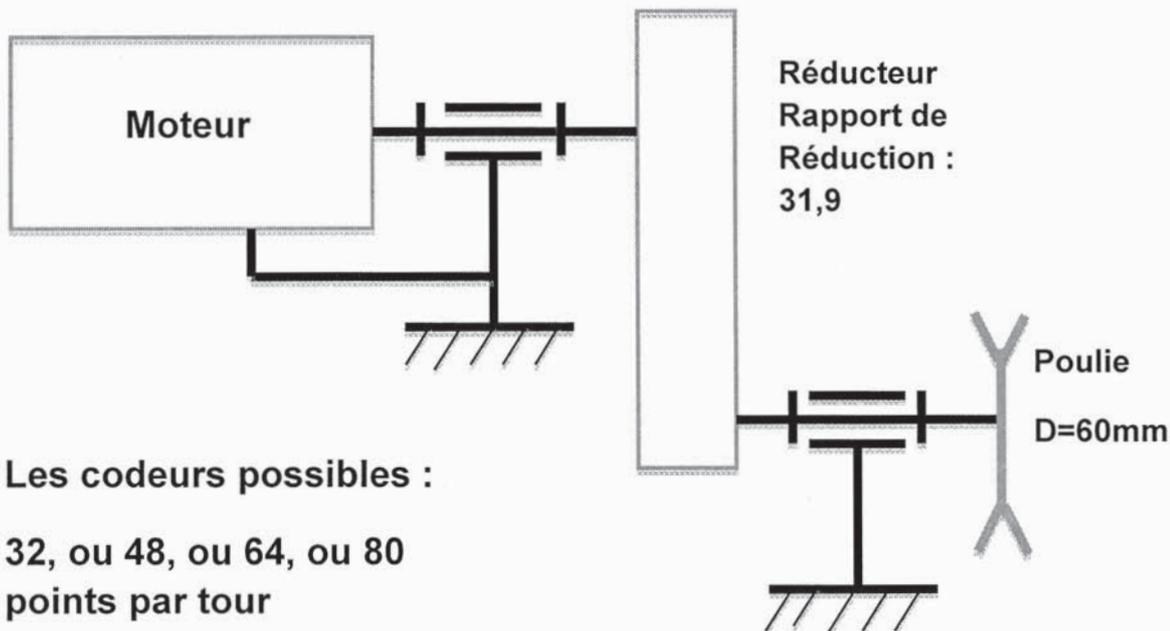
Eclairage scénique automatisé

Rappel : cette partie est à rédiger sur copie(s) séparée(s)

Les figures choisies par l'éclairagiste pendant le spectacle imposent une synchronisation des vitesses et des positions des quatre palans. La commande est construite autour du pilotage d'un palan et d'un comportement « suiveur » des trois autres. La suite de la partie A s'intéressera à la commande séquentielle de ces mouvements, ainsi qu'aux constituants du palan intelligent « STAGEMAKER »

I. Choix du roulement codeur

A partir du schéma d'architecture simplifié du mécanisme du palan (figure A1), et de la documentation du roulement codeur (Document ressource 3).



Les codeurs possibles :

32, ou 48, ou 64, ou 80
points par tour

Figure A1 : Schéma d'architecture simplifié

Question 1: Choisir une implantation du roulement codeur qui respecte une précision de positionnement de 0,1 mm.

II. Récapitulatif des Entrées/Sorties

La partie commande du « Palan » est en relation avec la chaîne d'énergie et la chaîne d'acquisition du système automatique. Les différents constituants mis en œuvre sont :

- Un ensemble variateur/moteur-frein :

- . Deux sens de marche
- . Une consigne analogique de vitesse.
- . Deux « Fin de course ».
- . Un frein « à manque de courant ».

- . Un codeur incrémental délivrant deux signaux A et B en quadrature.
- . Un codeur absolu numérique

- Un pupitre de commande simplifié (Seul le mode de fonctionnement normal est envisagé) :

- . Un bouton poussoir « Départ cycle ».

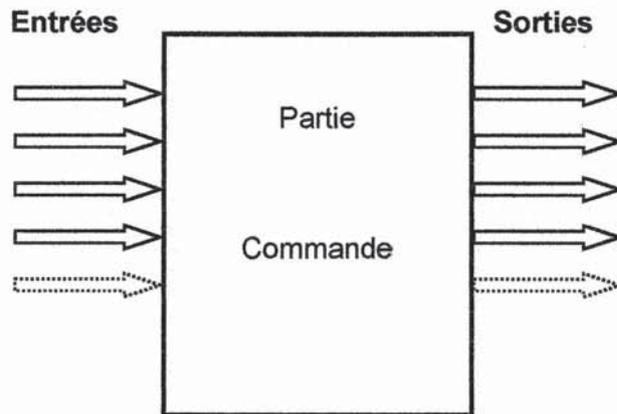


Figure A2 : Les entrées / sorties

Question 2 : Renseignez sous la forme de la « figure A2 » la liste et la nature des « Entrées / Sorties » de la commande du système.

III. Commande du palan

Pour le début de notre étude, nous nous placerons dans le cas où la descente du gril s'effectue de manière horizontale. Nous considérerons que l'asservissement de vitesse est opérationnel et nous nous intéresserons à la commande en position d'arrêt.

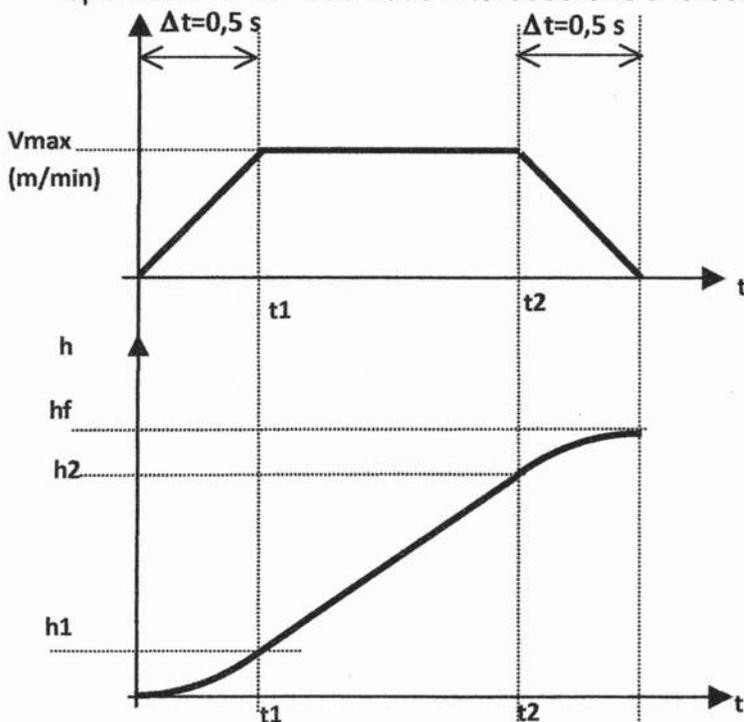


Figure A3 : Loi de commande en vitesse

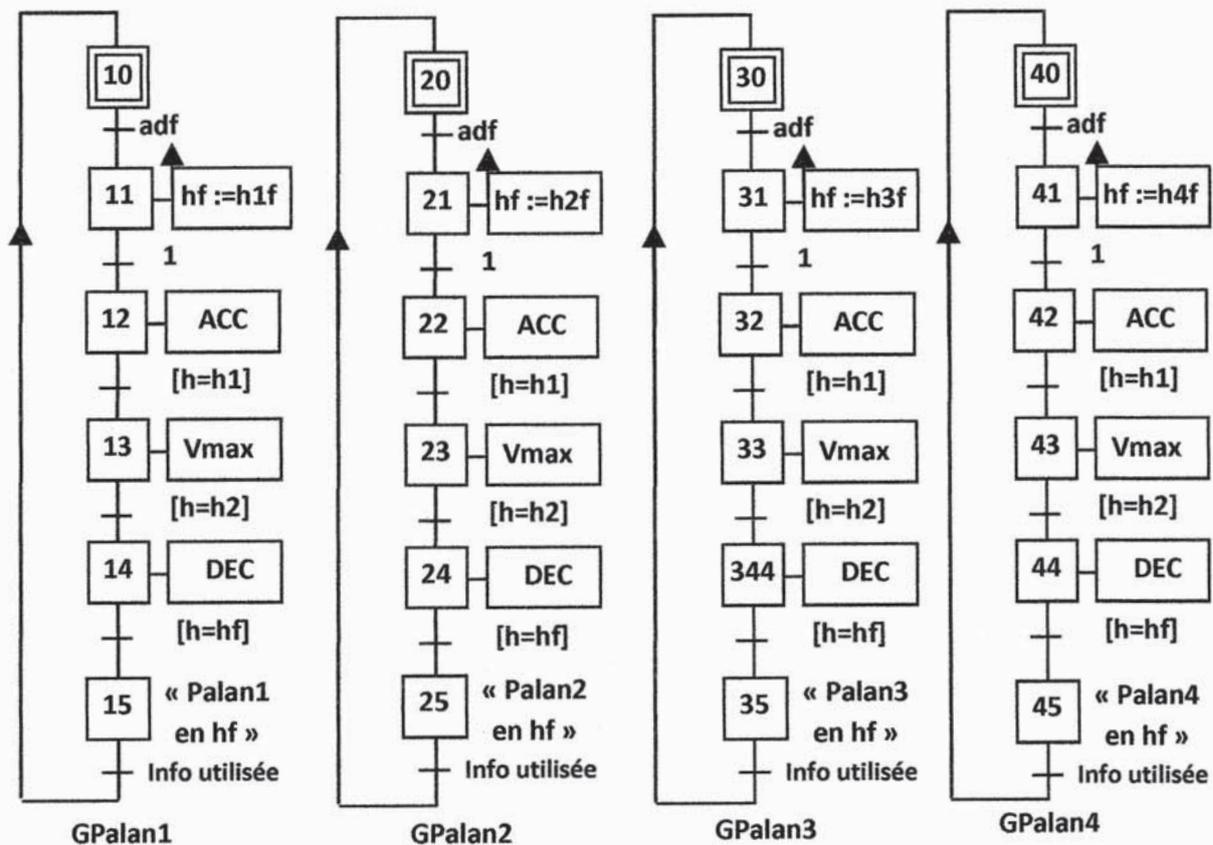
La hauteur maximum de levage est de 13 m, et la commande ne concerne qu'un seul palan. La loi de commande en vitesse est « trapézoïdale » comme représenté figure A3. La durée d'accélération Δt (et de décélération) est de 0,5 s, la vitesse maxi est de 20 m/mn. La carte de commande fonctionne suivant la loi de vitesse « Figure A3 ».

Question 3 : Déterminez h_1 et h_2 en fonction de « h_f », V_{max} , et Δt .

IV. Grappe de surveillance du suivi des quatre palans

A partir de la structure composée des quatre graficets de gestion des vitesses suivants, on souhaite commander les quatre palans simultanément pour une descente horizontale jusqu'à la position finale $H=0m$. Chaque partie commande calcule les h_1 et h_2 , les V_{max} et Δt sont identiques pour les quatre palans.

Nota : Un dispositif non représenté commande pour chaque palan la montée ou la descente de celui-ci en fonction de « h » et « h_{if} ». Si « h » < « h_{if} » : la montée est commandée, si « h » > « h_{if} » : la descente est commandée. Si « h » = « h_{if} » : Aucun mouvement n'est commandé.



Adf : Autorisation de fonctionnement

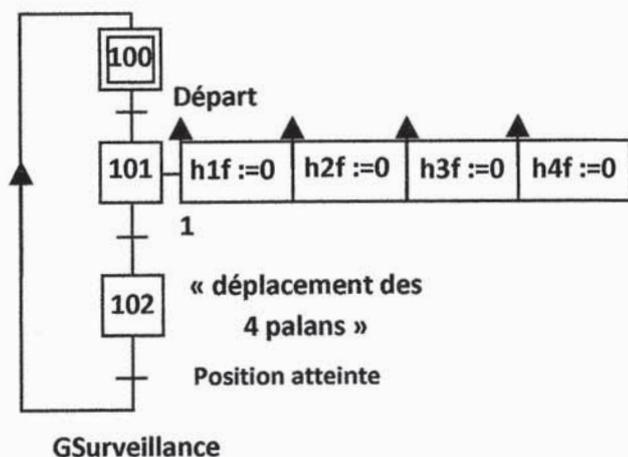


Figure A4 : Structure de la commande

Question 4 : Synchroniser les cinq grafquets en remplaçant les expressions « Info utilisé » ; « adf » et « position atteinte » par des variables d'étapes Xi.

V. Figure scénique « Vague »

Une des figures à réaliser par l'éclairagiste consiste à déplacer le gril en « vague » depuis une position horizontale, en déplaçant dans un premier temps les palans P3 et P4 depuis la position H=13m jusqu'à la position H=11m. Puis les palans 1 et 2 se déplacent vers la position H=11m, pendant que les palans 3 et 4 retournent à la position H=13 m à la même vitesse. Enfin, les palans 1 et 2 retournent à la position H= 13m après une temporisation de 20 s.

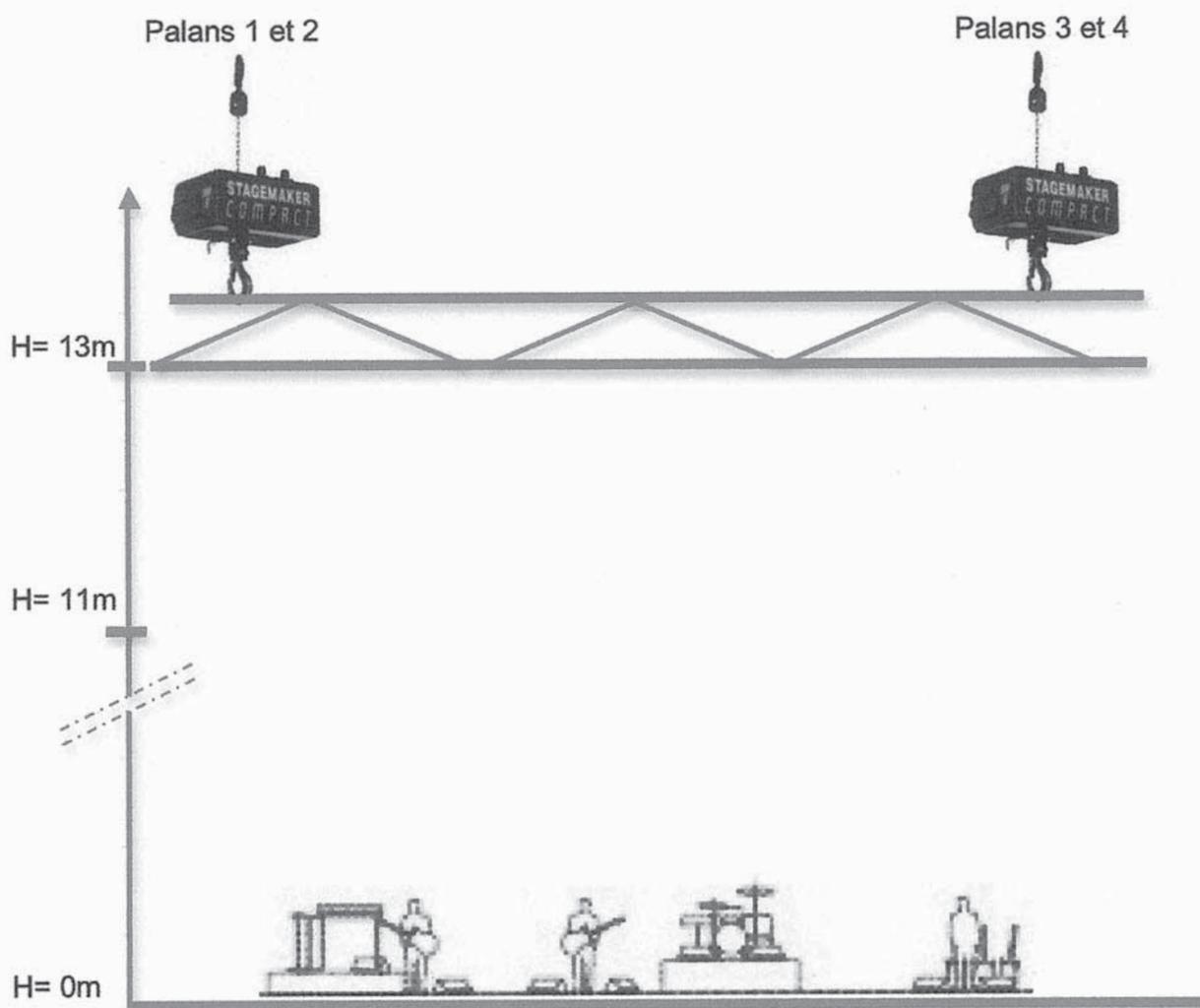


Figure A5 : Figure scénique

Question 5 : En conservant la structure de commande précédente des quatre palans. Proposez un nouveau grafquet de surveillance correspondant à la figure scénique « vague ».

Quelles sont alors les nouvelles valeurs de « adf » et « info utilisée » de chaque « Gpalan_i ».

VI. Suivi du palan n°1.

On étudie maintenant le cas de la descente horizontale du gril. Nous considérerons que le palan P1 est meneur (palan de référence).

A chaque signal des codeurs Cd1, Cd2 des palans P1 et P2, on écrit les valeurs respectives dans des compteurs C1 et C2. Si l'écart entre C1 et C2 est supérieur ou égal à 2, alors on augmente ou on diminue la vitesse V2 de 10% dans une limite de 30%.

On reproduira le même processus pour les palans P3 et P4, mais notre étude se limitera à P1 et P2.

Question 6 : Ecrire le grafcet complémentaire qui gère ce fonctionnement et notamment les deux compteurs C1 et C2.

VII. Roulement codeur incrémental.

Le roulement codeur fournit deux signaux A et B décalés de 90 ° (voir documentation ressource 2). Ces deux signaux permettent de d'élaborer l'information logique « sens de rotation » du roulement, cette information est repérée S (voir figure A6).

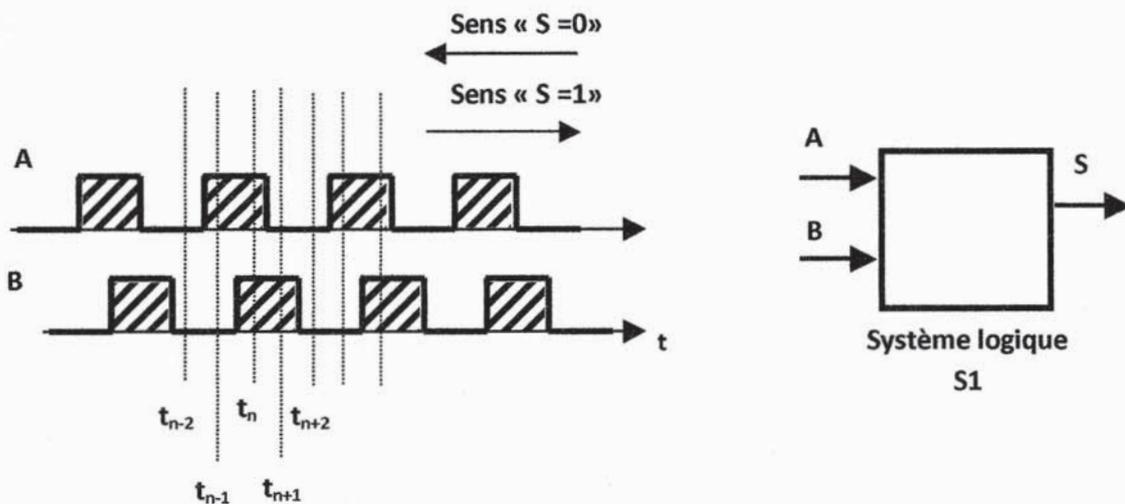


Figure A6 : Evolution des entrées / Sorties

Question 7 : Montrer que les entrées et sorties du système logique S1 sont « tout ou rien ». Montrer ensuite que ce système est séquentiel.

Question 8 : Montrer que le système logique S1 ayant comme entrées a_n, a_{n-1}, b_n et b_{n-1} [a_n est la valeur de A à l'instant t_n] et comme sortie S est combinatoire.

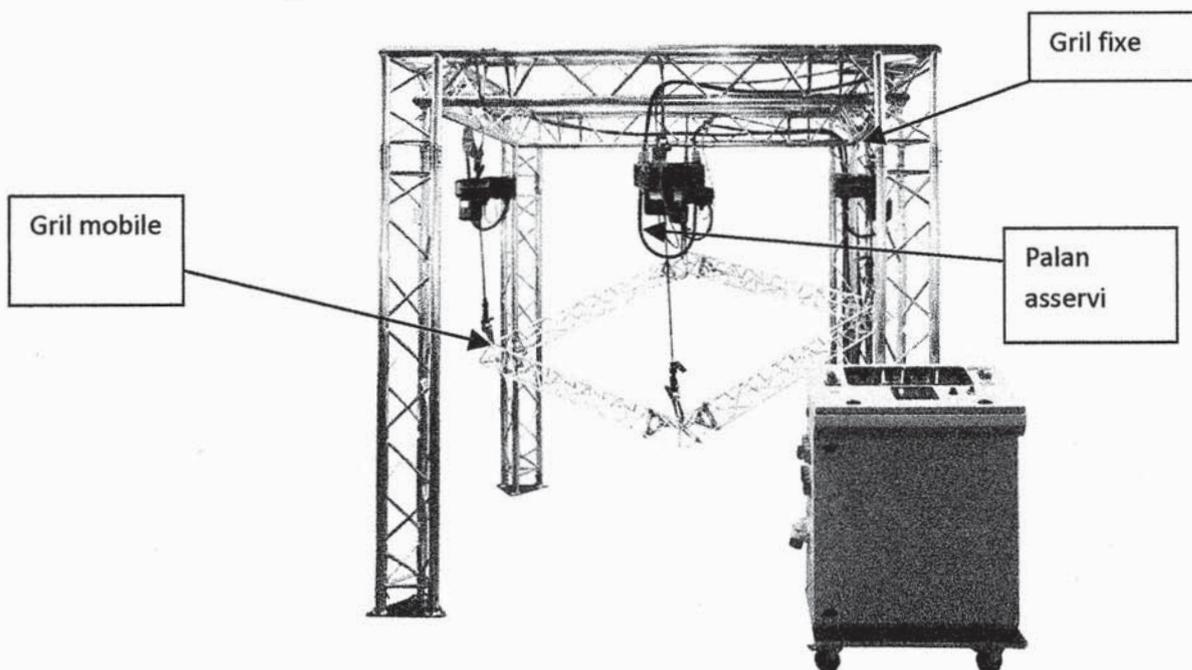
En utilisant le chronogramme de la figure A6 écrire le tableau de Karnaugh donnant S en fonction a_n, a_{n-1}, b_n et b_{n-1} . En déduire l'expression de S en fonction des entrées.

Partie B : Etude de l'asservissement en vitesse du gril mobile

Rappel : cette partie est à rédiger sur copie(s) séparée(s)

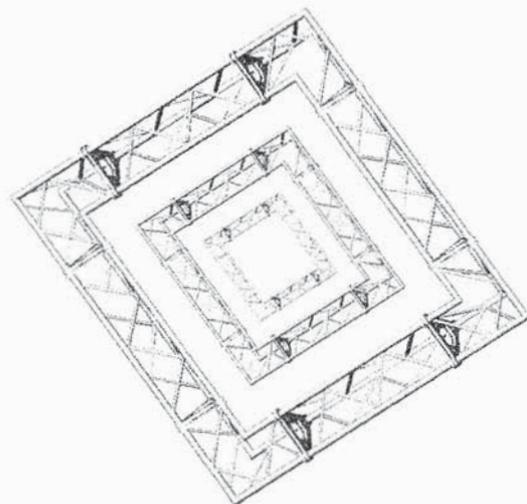
Les applications numériques ne seront prises en compte que si les unités sont précisées.

Cette partie sera consacrée à l'étude de la gestion d'effets provoqués par la mise en mouvement d'un gril mobile.



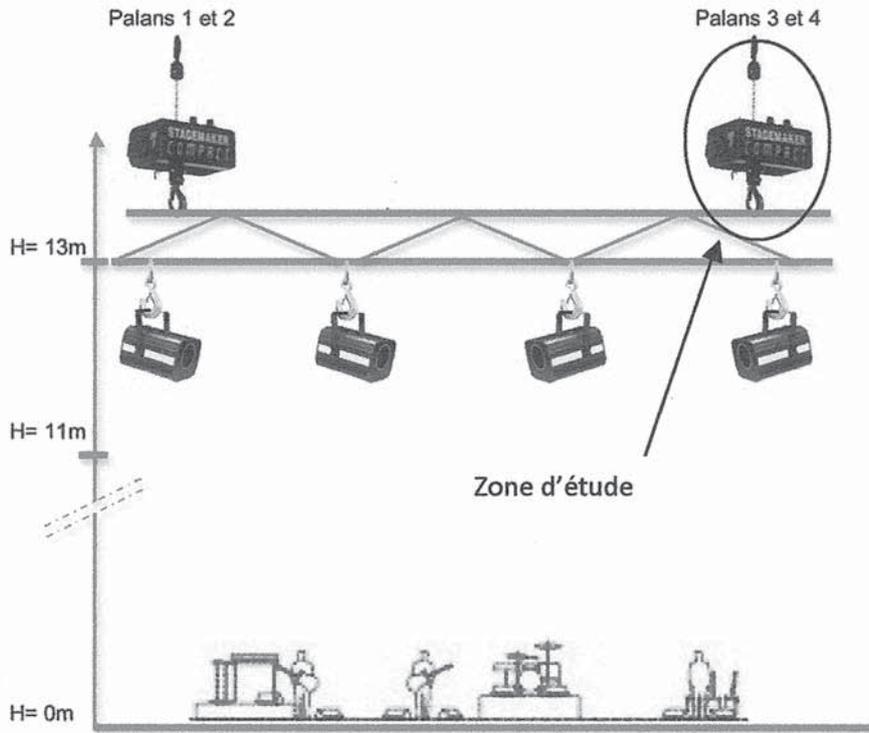
Nous allons nous intéresser au cas de figure suivant :

Trois grils mobiles à base carrée de tailles différentes supportant des néons de couleurs, sont au départ empilés au dessus de la scène. Les musiciens entrent sur scène et au tempo de la batterie, les trois grils descendent les uns après les autres de manière à former une pyramide à base carrée illuminant l'arrière de la scène.



L'étude qui suit va concerner le mouvement de descente du premier gril. Il est accroché à 4 palans. Chacun des palans effectue le même mouvement et supporte un poids identique. Nous n'étudierons ici qu'un seul des palans.

Le palan est constitué d'un variateur de vitesse, d'une machine asynchrone triphasée, d'un réducteur, d'un limiteur de charge et d'un frein à disque électromagnétique.



Dans les applications de type variation de vitesse, la machine à courant continu a montré sa suprématie jusqu'à ces dernières années. Elle a l'avantage de présenter un découplage entre le courant et le flux, et permet ainsi un pilotage facile. Cependant, elle est coûteuse, à l'achat et en maintenance, et est inutilisable en immersion ou en atmosphère explosive (en raison des étincelles au commutateur).

Les machines asynchrones quant à elles, sont d'un moindre coût et quasiment sans aucune maintenance. Elles présentent cependant un inconvénient lié au couplage entre le courant et le flux. Cependant, il est possible moyennant un modèle de connaissance de la machine et quelques transformations mathématiques complexes, de parvenir à un contrôle de vitesse maîtrisant ce découplage entre le courant et le flux, permettant ainsi de se ramener à une commande équivalente à celle de la machine à courant continu. L'arrivée sur le marché de puissants calculateurs temps réel permet à travers le contrôle vectoriel de flux, d'obtenir avec une machine asynchrone des performances équivalentes à celles d'une machine à courant continu.

Pour ces raisons et pour éviter des développements mathématiques complexes, nous choisissons d'étudier la variation de vitesse d'une machine à courant continu équivalente.

Moteur										
P (kW)	N _{moteur} (tr/min)	L (mH)	R (Ω)	Moment d'inertie du rotor (kg.m ²)	Kc (Nm/A)	Ke (Vs/rad)	U _{Nom} (V)	I _{nom} (A)	I _{max} (A)	Coefficient de frottement visqueux f (Nms/rad)
1,72	1890	18	5,08	0,013	1,21	1,21	280	7,95	12,7	10 ⁻²

I. Etude mécanique du moto réducteur

L'objectif de cette partie est la détermination :

- Du rapport de réduction du réducteur.
- De l'inertie équivalente de l'ensemble moto réducteur et charge, ramenée à l'arbre moteur.

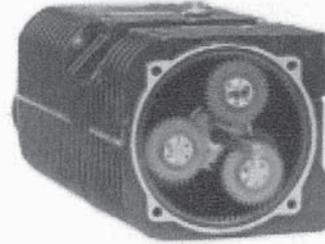
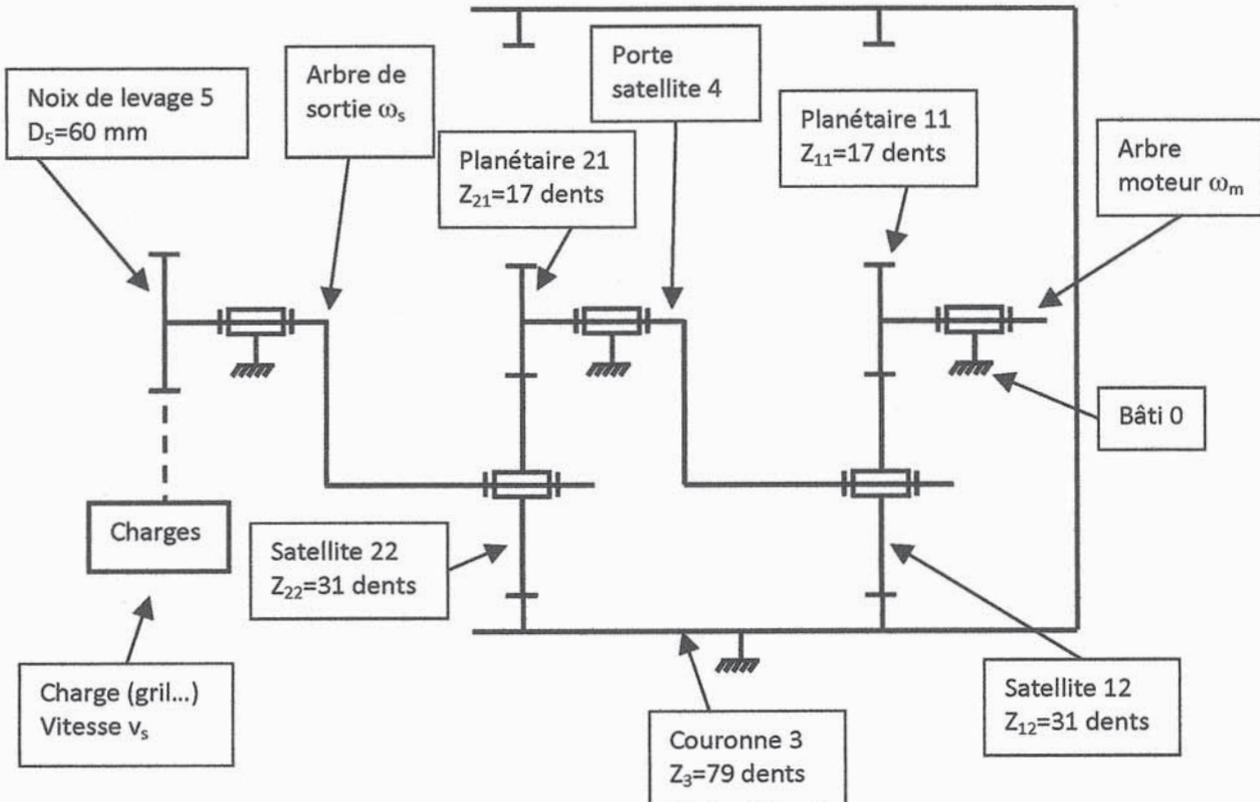


Schéma cinématique du réducteur.



Dans le tableau ci-dessous sont fournies les caractéristiques du moto-réducteur. Les inerties des différents éléments sont données autour de leur axe de rotation respectif.

Inertie moteur (kgm^2)	J_m	0,013
Inertie réducteur (kgm^2)	J_{red}	$0,9 \cdot 10^{-4}$
Diamètre noix de levage 5 (mm)	D_5	60
M (masse totale du gril, lumières et chaînes incluses) (kg)	M	1000

QB-1 : Calculer le rapport de réduction n entre l'arbre de sortie et l'arbre moteur.

QB-2 : Donner l'expression de l'inertie équivalente J_{eq} , ramenée sur l'axe de l'arbre moteur, du système composé du moteur du réducteur et de sa charge. Préciser avec rigueur le système isolé et le théorème utilisé. Faire l'application numérique.

Pour la suite du sujet et quelques soient les résultats obtenus, la valeur de J_{eq} suivante sera adoptée.

$$J_{\text{eq}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{kgm}^2.$$

II. Etude de l'asservissement en vitesse du moteur électrique :

II. A. Analyse de la réponse en vitesse et en courant du moteur commandé en tension

L'objectif de cette sous partie est d'étudier la réponse du moteur électrique commandé en tension ainsi que sa réponse en courant.

Les équations caractéristiques du moteur à courant continu sont fournies ci après :

$$C_m(t) = K_c \cdot i(t) \quad (1)$$

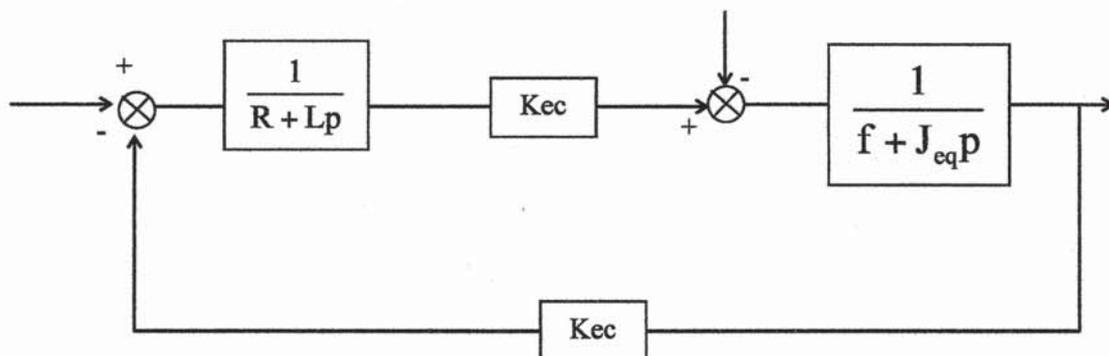
$$e(t) = K_e \omega_m(t) \quad (2)$$

$$u(t) = e(t) + R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} \quad (3)$$

$$C_m(t) - f \omega_m(t) - C_r(t) = J_{eq} \frac{d\omega_m(t)}{dt} \quad (4)$$

Avec $K_c = K_e = K_{ec}$

Le passage dans le domaine de Laplace permet de construire le schéma bloc suivant :



Notations

On adopte les notations suivantes entre le domaine temporel et celui de Laplace. Ainsi, si la fonction $\omega_m(t)$ possède une transformée de Laplace, elle sera notée : $\Omega_m(p) = L[\omega_m(t)]$

QB-3 : Indiquer dans le document réponse DR1, les variables d'entrée et de sortie ainsi que les variables intermédiaires.

QB-4 : Ecrire sous forme canonique la fonction de transfert $G(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$.

QB-5 : Sous quelle condition la fonction de transfert $G(p)$ peut se mettre sous la forme $G(p) = \frac{K}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}$. Montrer que cette condition est respectée. Identifier K et calculer les valeurs numériques de K ainsi que des deux constantes de temps T_1 et T_2 .

Il est possible moyennant quelques approximations de montrer que ces deux constantes de temps T_1 et T_2 correspondent aux constantes de temps électrique τ_{el} et électromécanique τ_{em} dont les expressions approchées sont fournies ci-dessous.

$$\tau_{el} = \frac{L}{R} \text{ et } \tau_{em} = \frac{RJ_{eq}}{Kec^2 + Rf}$$

QB-6 : Calculer les valeurs numériques de τ_{el} et τ_{em} . Conclure quand à la validité de leurs expressions approchées.

Pour la suite du sujet, ces approximations seront considérées comme satisfaisantes et les expressions à utiliser définissant la fonction de transfert $G(p)$ seront :

$$G(p) = \frac{K}{(1 + \tau_{el}p)(1 + \tau_{em}p)} \quad \tau_{el} = \frac{L}{R} \quad \tau_{em} = \frac{RJ_{eq}}{Kec^2 + Rf}$$

QB-7 : Soit un échelon de tension nominale appliquée au moteur. Tracer l'allure de la réponse temporelle du système et indiquer sur ce tracé l'ensemble des points remarquables.

QB-8 : Ecrire sous forme canonique la fonction de transfert $G_I(p) = \frac{I(p)}{U(p)}$

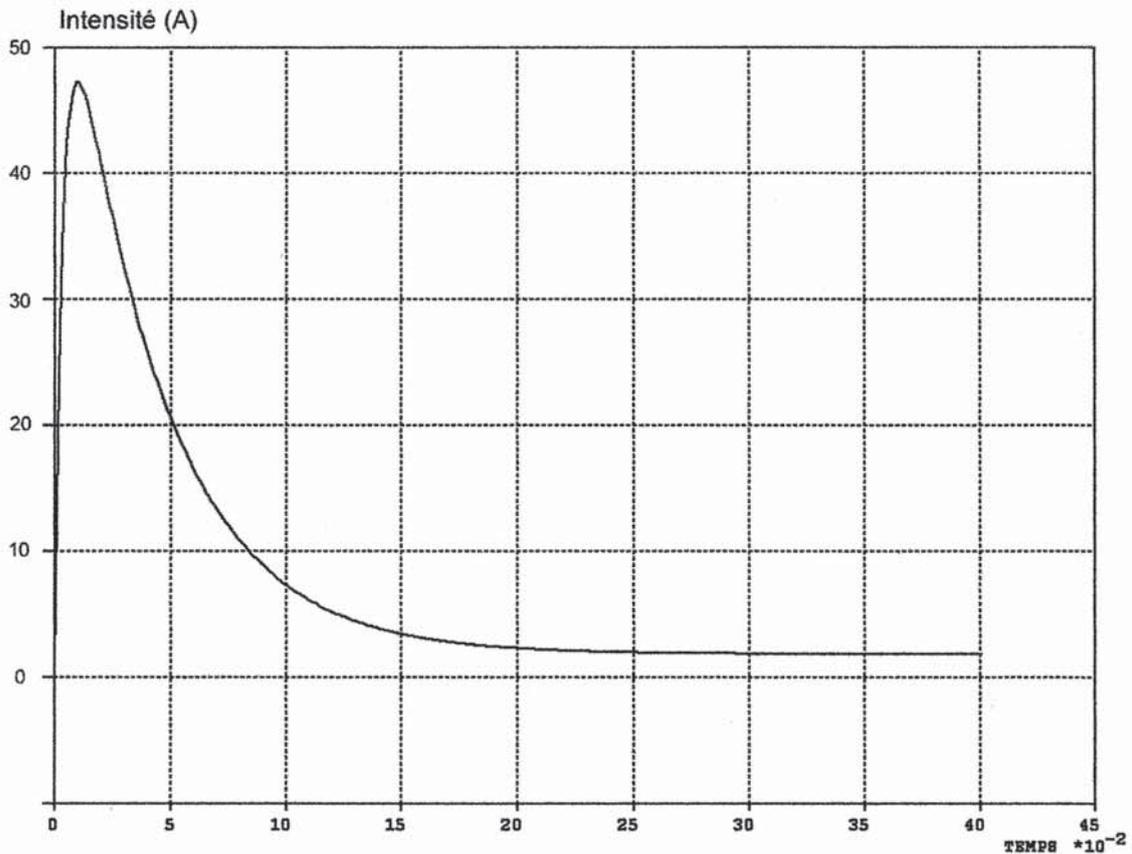
QB-9 : Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

$$G_I(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{K_I(1 + \tau_m p)}{(1 + \tau_{el}p)(1 + \tau_{em}p)}$$

Identifier τ_m et K_I . Faire les applications numériques.

QB-10 : Comparer et conclure sur les valeurs respectives des trois constantes de temps : τ_m , τ_{em} et τ_{el} .

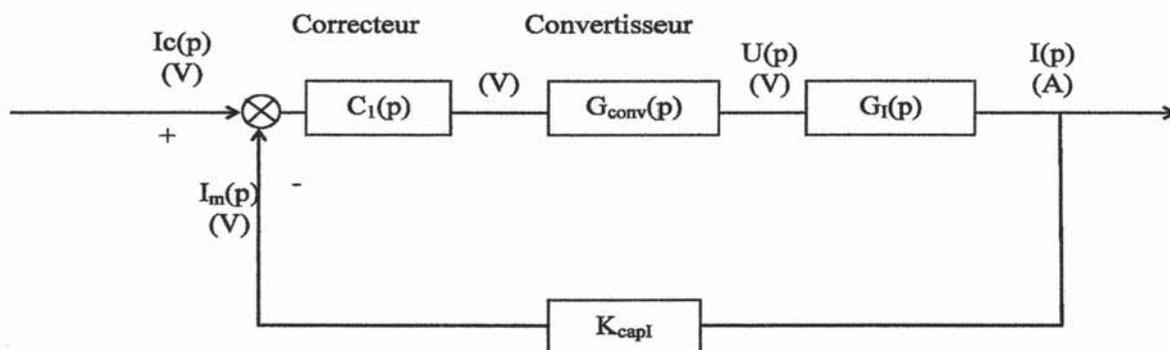
Considérons pour notre système, la réponse en courant du moteur pour une entrée en tension de type échelon d'une valeur égale à la tension nominale.



QB-11 : Donner l'inconvénient majeur que présente la réponse en courant. Expliquer et justifier votre réponse en faisant le lien avec les caractéristiques du moteur.

II. B. Etude et réglage de la boucle de courant

Le phénomène observé précédemment constitue un véritable problème. Pour y remédier, il convient de réaliser un asservissement sur le courant. Ainsi, le schéma bloc peut se mettre sous la forme suivante :



$I_c(p)$ représente l'image en volts du courant de consigne.

$I_m(p)$ représente l'image en volts du courant moteur.

Un correcteur proportionnel intégral de la forme $C_1(p) = K_1 \left(1 + \frac{1}{\tau_i p} \right)$ est implanté dans la chaîne directe. On assimilera le convertisseur (hacheur) à un gain pur G_0 . On notera K_{BO} , le gain en boucle ouverte.

QB-12 : Donner la fonction de transfert en boucle ouverte de la boucle de courant notée $H_{IBOcor}(p)$.

On se propose de régler la constante de temps du correcteur par compensation du pôle dominant.

QB-13 : Donner la nouvelle fonction de transfert en boucle ouverte. Préciser l'ordre et la classe de cette fonction.

QB-14 : Le réglage par compensation du pôle dominant peut comporter des risques. Expliquer pourquoi ?

QB-15 : En conservant la même hypothèse de réglage du correcteur proposée à la question précédente, calculer la fonction de transfert en boucle fermée $H_{IBF}(p) = \frac{I(p)}{Ic(p)}$.

QB-16 : En considérant que $\tau_m K_{BO} \gg 1$ et en faisant les simplifications nécessaires, comme par exemple utiliser le développement limité à l'ordre 1 suivant : $\sqrt{1-\varepsilon} = 1 - \frac{\varepsilon}{2}$, montrer que

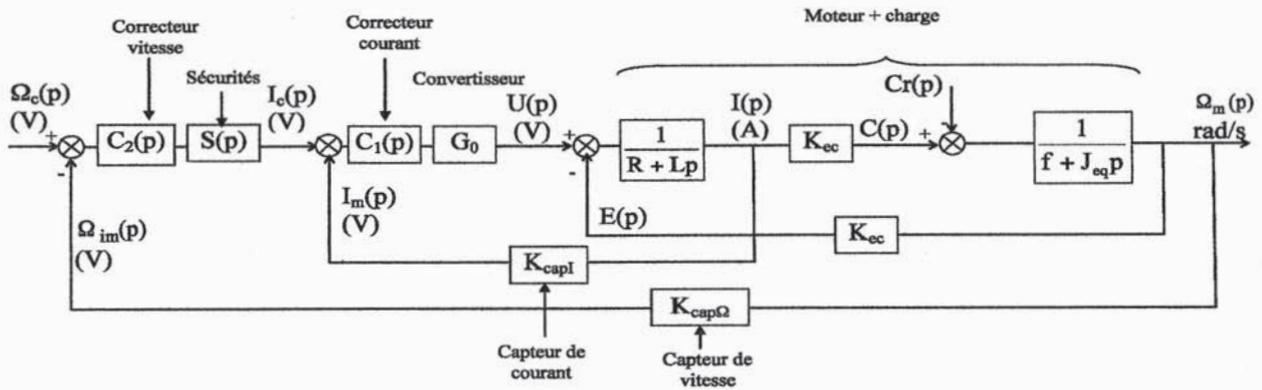
$H_{IBF}(p)$ peut se mettre sous la forme $H_{IBF}(p) = \frac{I(p)}{Ic(p)} = \frac{K_{IBF}}{1 + \tau_{IBF} p}$.

Avec $\tau_{IBF} = \frac{\tau_{el}}{K_{BO} \tau_m}$ et $K_{IBF} = \frac{1}{K_{capI}}$.

QB-17 : Le temps de réponse à 5% ne doit pas dépasser $T_{r5\%} = T_{rmax} = 1$ ms. Pour respecter cette condition, exprimer la condition sur le gain K_1 du correcteur. En supposant que le gain du convertisseur $G_0=1$ et que le gain du capteur de courant $K_{capI} = 0,1$ V/A, faire l'application numérique.

II. C. Etude et réglage de la boucle de vitesse

Lorsque la boucle de courant est correctement réglée, il reste à régler la boucle de vitesse. Le schéma bloc représentant cet asservissement est présenté ci-dessous.

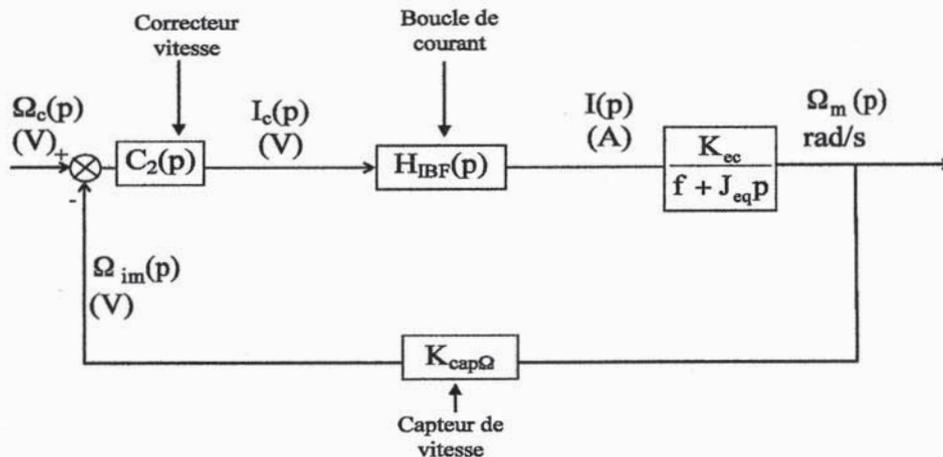


$\Omega_c(p)$ représente l'image en volts de la vitesse de consigne.

$\Omega_{im}(p)$ représente l'image en volts de la vitesse de rotation du moteur.

Le bloc « sécurités » représente un élément de protection du moteur. Il s'agit d'une saturation de la valeur de commande de la boucle de courant. Cet élément ne sera pas pris en compte dans la suite du problème.

Le couple résistant du à la charge est constant et faible par rapport au couple moteur. Le négliger permet d'établir le schéma bloc simplifié ci-dessous.



Le capteur de vitesse possède un gain $K_{cap\Omega} = 7,52 \cdot 10^{-4} \text{ V s rad}^{-1}$.

La fonction de transfert représentative de la boucle de courant H_{IBF} à prendre en compte dans la suite du sujet est donnée ci-dessous :

$$H_{IBF}(p) = \frac{K_{IBF}}{1 + \tau_{IBF}p} = \frac{10}{1 + 3,5 \cdot 10^{-4} p}$$

QB-18 : Donner la fonction de transfert en boucle ouverte de la boucle en vitesse non corrigée notée $H_{\Omega B_0}(p)$. Préciser l'ordre et la classe de cette fonction.

Le correcteur implanté dans la boucle de vitesse est un correcteur Proportionnel Intégral de la forme : $C_2(p) = K_2 \left(1 + \frac{1}{\tau_2 p} \right)$. Son réglage sera effectué par la compensation du pôle dominant.

QB-19 : Donner, sous forme canonique, l'expression de la nouvelle fonction de transfert en boucle ouverte corrigée $H_{\Omega B_{0cor}}(p)$.

QB-20 : Calculer la valeur du gain K_2 permettant d'assurer une marge de phase de 45° .

QB-21 : Indiquer pour ce réglage, l'erreur sur la vitesse pour une accélération linéaire de la charge de $0,66 \text{ m.s}^{-2}$.

QB-22 : Le cahier des charges signale une précision sur la vitesse de levage de $0,1 \text{ mm/s}$. Calculer la valeur du gain K_2 permettant de respecter cette valeur.

QB-23 : Avec ce dernier réglage, calculer la marge de phase. Indiquer si ce résultat est acceptable.

QB-24 : Compléter sur le document réponse DR2 le schéma bloc précédent, de sorte que le système soit également asservi en position angulaire.

Partie C : Étude pédagogique

Rappel : cette partie est à rédiger sur copie(s) séparée(s)

On se propose dans cette partie, de construire un cours destiné à des étudiants de STS MAI concernant le choix d'un constituant industriel d'acquisition de données.

Le référentiel de formation :

Les compétences professionnelles visées sont celles de la CP43 « Dimensionner, évaluer les performances et choisir un constituant de commande » de l'unité **U52 - Choix technologiques et description de la réalisation de la partie commande**

Les contenus associés sont :

Constituants industriels d'acquisition de données :

- Structure générale d'une chaîne de mesures.
 - Caractéristiques métrologiques des capteurs : étendue de mesure, précision, sensibilité, temps de réponse, ...
 - Les capteurs industriels.
- Caractéristiques et choix de capteurs pour la commande d'axe.

Le contexte de l'étude

La détermination du constituant d'acquisition de données doit permettre de l'implanter sur le système étudié en prenant en compte toutes les contraintes d'utilisation

Il s'agit de déterminer les caractéristiques du constituant industriel d'acquisition de position pour en faire ultérieurement le choix, en fonction de l'offre constructeur.

C-1) En respectant les limites du contexte de l'étude, proposer un cours et une fiche de formalisation des connaissances, visant l'objectif d'un guide méthodologique pour le dimensionnement d'un constituant industriel d'acquisition de données de position.

Le cours doit définir précisément les savoirs et savoir-faire attendus par l'étudiant, afin qu'il soit autonome dans cette tâche de dimensionnement.

Ce cours constitue donc la formalisation des connaissances (techniques et méthodologiques) que l'étudiant conservera avec lui.

Les recommandations importantes :

- Le cours est prévu pour une durée de deux heures, devant des étudiants de seconde année ;
- C'est le contenu formel du cours qui est demandé et non une organisation pédagogique ;
- Ce contenu de cours doit :
 - Rappeler la problématique et le besoin à satisfaire ;
 - Modéliser le problème ;
 - Définir la démarche de dimensionnement ;
 - Dresser un inventaire des données d'entrées à chaque étape de la démarche.

Les ressources :

- Les documents ressources qui suivent, ainsi que certains éléments de réponse des parties A et B, seront mobilisés afin d'élaborer les éléments de cours et de formalisation de connaissances.
- Document ressource 1 : Coupe du palan sans codeur. (1 page).
- Document ressource 2 : Codeurs rotatifs opto-électroniques (3 pages).
- Document ressource 3 : Roulement codeur SKF (2 pages).

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

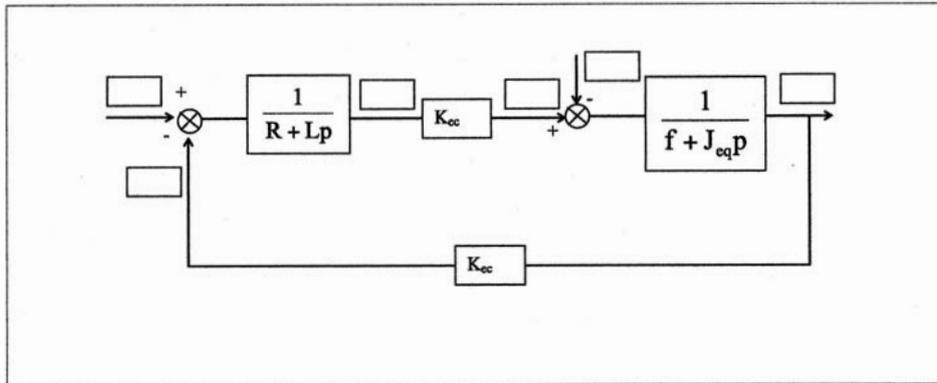
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

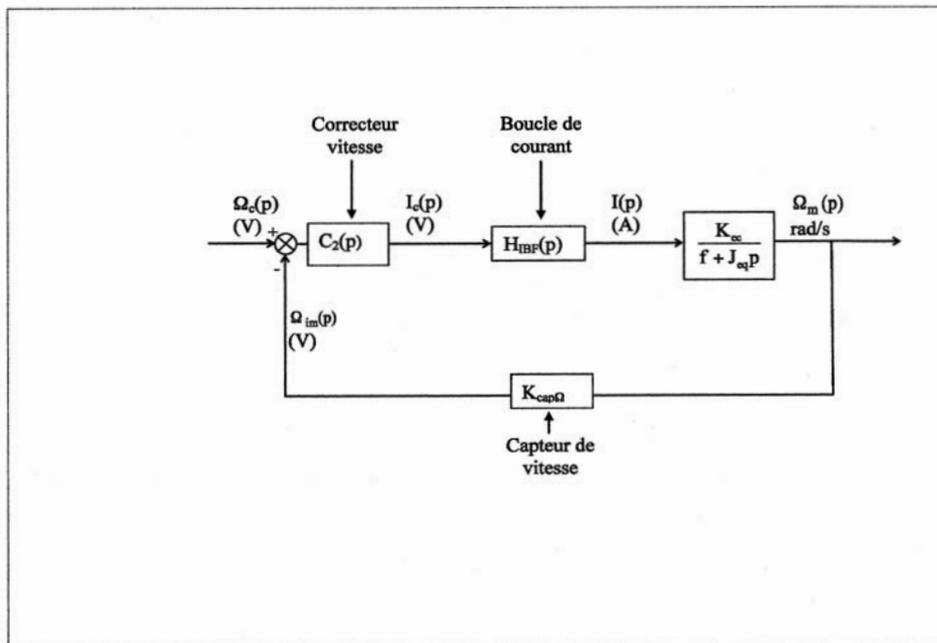
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EAI MEC 2

DOCUMENTS REPONSES partie B



Document réponse DR1

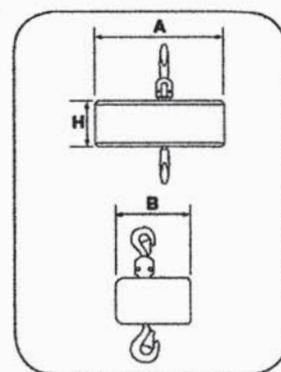
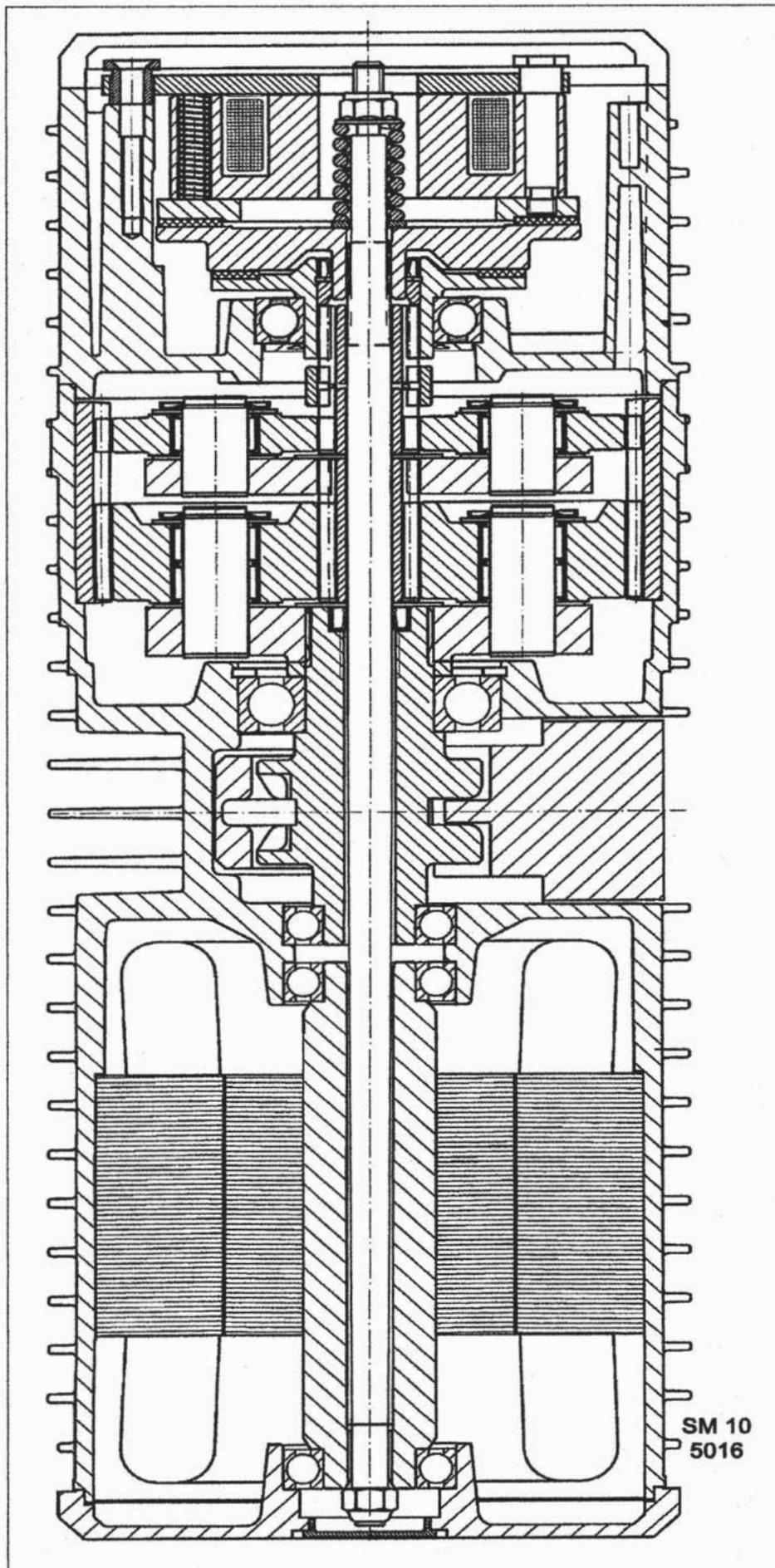


Document réponse DR2

©

COUPE DU PALAN SANS CODEUR

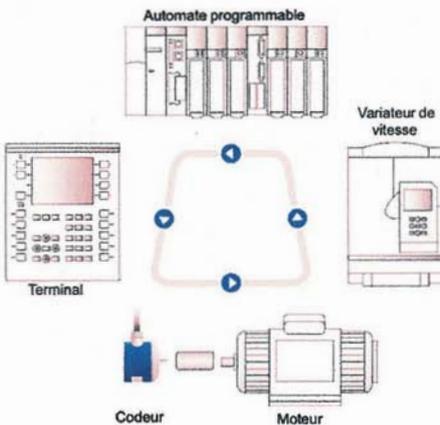
Document ressource 1 :



A	B	H
481	283	175
Dimensions en mm		

Codeurs rotatifs opto-électroniques Osicoder®

Applications



La croissance de la puissance des systèmes de traitement ainsi que les impératifs de productivité appellent dans tous les domaines de production industrielle un besoin continu d'informations sur :

- le comptage, le positionnement par comptage,
- le positionnement absolu,
- le contrôle de vitesse.

Exemple

Le positionnement d'un mobile est entièrement maîtrisé par le système de traitement associé au codeur.

- Unités de traitement
consulter notre catalogue "Plate-forme d'automatisme Premium".
- Variateurs de vitesse
consulter notre catalogue "Variateurs de vitesse et démarreurs".

Principe du codeur rotatif opto-électronique

Le codeur rotatif opto-électronique est un capteur angulaire de position.

Son axe, lié mécaniquement à l'arbre de la machine qui l'entraîne, fait tourner un disque qui comporte une succession de zones opaques et transparentes.

La lumière émise par des diodes électroluminescentes arrive sur des photodiodes chaque fois qu'elle traverse les zones transparentes du disque.

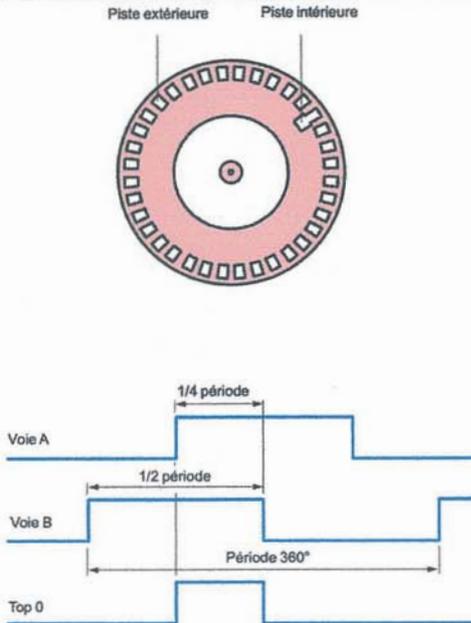
Les photodiodes génèrent alors un signal électrique qui est amplifié et converti en signal digital avant d'être transmis vers une unité de traitement ou un variateur de vitesse électronique.

La sortie électrique du codeur représente ainsi, sous forme numérique, la position angulaire de l'axe d'entrée.

Types de codeur rotatif opto-électronique

- Codeurs incrémentaux :
Comptage, positionnement par comptage, vitesse.
- Codeurs incrémentaux paramétrables :
Multiplication de la résolution de base du disque par dip/switches (le réglage usine étant calé sur la plus petite valeur).
- Codeurs absolus monotours et multitours :
Positionnement absolu.
- Codeurs absolus multitours bus de terrain :
CANopen et PROFIBUS-DP.

Codeur incrémental



Principe

Le disque d'un codeur incrémental comporte 2 types de piste :

- une ou plusieurs pistes extérieures (voies A et B), comportant "n" intervalles égaux alternativement opaques et transparents, "n" étant la résolution ou nombre de périodes du codeur,
- une piste intérieure comportant une seule fenêtre, servant de position de référence et permettant une réinitialisation à chaque tour (top 0).

Schémas et réglages

Le fonctionnement des photoéléments (diodes électroluminescentes + photodiodes) est basé sur le principe de la lecture optique différentielle en ligne :

- les photo-éléments sont montés en ligne, de telle sorte qu'une seule et même fente du disque soit lue simultanément par les photo-éléments des voies A et B (les voies A et B sont décalées de 90° électriques),
- l'électronique fonctionne suivant un principe de mesure différentiel en ligne.

Voie B (front montant) arrivant avant A dans le sens horaire vu côté embase.

Période : 360° électriques.
Rapport cyclique : 180° électriques \pm 10 %.
Déphasage : 90° électriques \pm 25 %.

Avantages de la lecture optique différentielle en ligne

Lecture par des photo-éléments montés en ligne

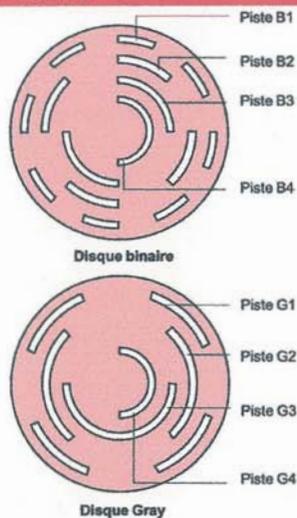
- Jeu radial de l'axe du codeur supérieur de 30 % à celui d'un codeur à lecture optique classique.
- Maintien d'un déphasage des voies A et B dans les limites des tolérances de l'appareil.

Emission par une source lumineuse triple

- Conservation du rapport cyclique même en cas de :
 - panne de l'un des 3 composants d'émission,
 - diminution du rendement des composants d'émission (jusqu'à 30 %),
 - dépôt de micro-poussières sur les composants optiques diminuant l'amplitude des signaux des photo-éléments (jusqu'à 30 %).

Ces avantages sont des facteurs de fiabilité des codeurs XCC.

Codeur absolu



Principe

Le disque d'un codeur absolu comporte "n" pistes concentriques divisées en segments égaux alternativement opaques et transparents. A chaque piste est associé un couple émetteur/récepteur.

La piste intérieure est composée d'une moitié opaque et d'une moitié transparente. La lecture de cette piste, bit de poids le plus fort (MSB : Most Significant Bit), permet de déterminer dans quel demi-tour on se situe.

La piste suivante est divisée en 4 quarts alternativement opaques et transparents. La lecture de cette piste combinée avec celle de la piste précédente permet de déterminer dans quel quart de tour on se situe.

Les pistes suivantes permettent de déterminer dans quel huitième de tour, seizième de tour, etc. on se situe.

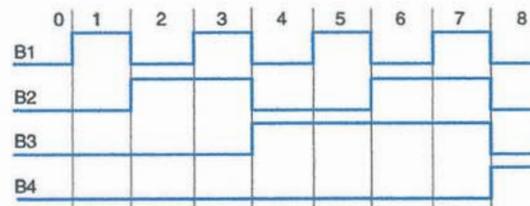
La piste extérieure correspondant au bit de poids le plus faible (LSB : Least Significant Bit) donne la précision finale. Elle comporte 2ⁿ points correspondant à la résolution du codeur. Ainsi pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un code, qui peut être soit un code binaire, soit un code Gray.

Codeurs rotatifs opto-électroniques

Codeur absolu (suite)

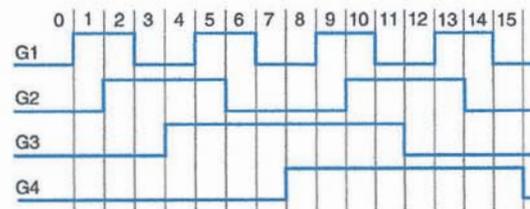
Codage binaire

Le code binaire est directement exploitable par les systèmes de traitement (automates programmables par exemple) pour effectuer des calculs ou des comparaisons mais il présente l'inconvénient d'avoir plusieurs bits qui changent d'état entre 2 positions.



Codage Gray

Le code Gray présente l'avantage de ne changer qu'un seul bit entre 2 nombres consécutifs.



Exemple de disque codé en Gray

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
2 ⁰	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	
2 ²	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
2 ⁴	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
2 ⁸	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
2 ¹⁶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Représentation des 24 premières valeurs décimales correspondant à la lecture des cinq premières pistes.

Avantages de la détection de position par un codeur absolu

Un codeur absolu délivre en permanence un code qui est l'image de la position réelle du mobile à contrôler.

Dès la première mise sous tension ou dès le retour de tension après une coupure, le codeur délivrera une information directement exploitable par le système de traitement.

Roulements-capteurs SKF :

Conception

Un roulement-capteur SKF (→ fig. 1) comprend :

- un roulement rigide à billes standard avec un joint et une gorge de segment d'arrêt sur la face externe de la bague extérieure (a)
- une bague d'impulsions magnétisée (b)
- un corps de capteur (c)
- un câble de raccordement (d)

D'un côté, le roulement est équipé d'un joint standard assurant l'étanchéité contre l'épaulement de la bague intérieure. De l'autre côté, la bague d'impulsions et le corps de capteur constituent un joint à chicane efficace.

La bague d'impulsions est une bague composite magnétisée. Le nombre des pôles nord et sud (de 32 à 80) varie en fonction de la taille du roulement. La bague d'impulsions est fixée sur la bague intérieure du roulement.

Le corps de capteur, qui abrite deux cellules à effet Hall intégrées, est fixé à la bague extérieure : il s'agit d'un principe breveté SKF.

Le câble multiconducteurs, qui sort en radialement, relie le roulement-capteur SKF à l'unité électronique de traitement des signaux ; il a une longueur standard d'environ 500 mm. Pour permettre une adaptation plus facile à l'interface entre le roulement-capteur SKF et l'unité électronique développée par le client, différents modè-

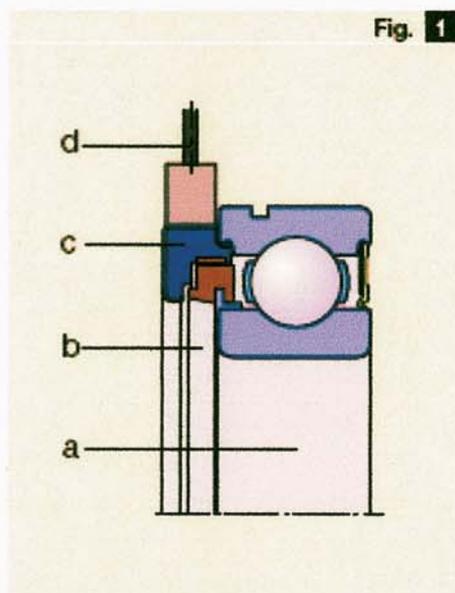


Fig. 1

Composants d'un roulement-capteur SKF

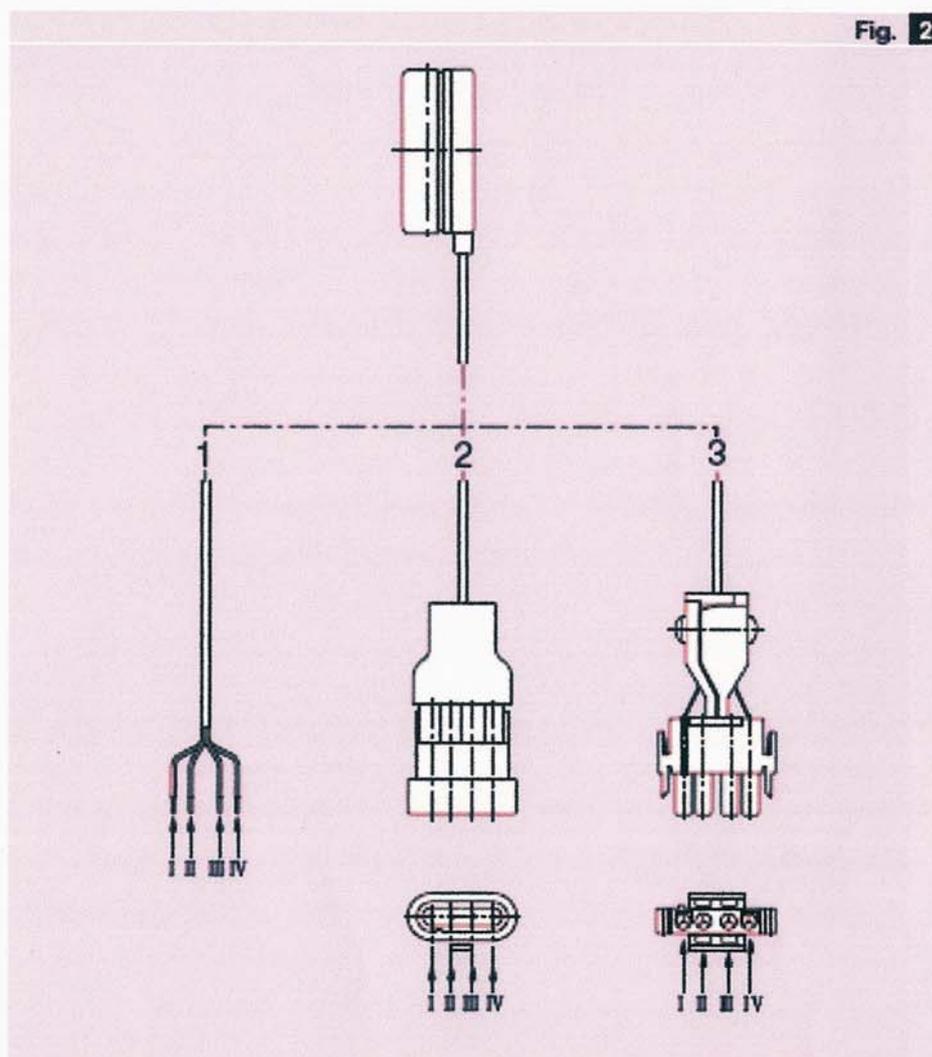


Fig. 2

Les différentes versions de câble de raccordement

les sont disponibles avec des extrémités de câble libres et peuvent sur demande être livrés avec deux types de connecteurs normalisés (→ fig. 2).

- Version 1 extrémité de câble libre
- Version 2 connecteur AMP Superseal, AMP n° 282106-1 et 282404-1
- Version 3 connecteur AMP Mate-N-Lock, AMP n° 350779-1, 350811-1 et 350924-1

Dimensions

Les roulements-capteurs SKF sont construits sur la base des roulements rigides à billes modèle 62. Leurs dimensions limites sont donc identiques à celles des modèles 02 conformément à la norme ISO 15:1998. Un espace supérieur est cependant nécessaire dans le sens axial, la largeur de l'ensemble étant légèrement plus importante en raison du capteur intégré.

Tolérances

Les roulements inclus dans les ensembles roulements-capteurs SKF sont fabriqués selon les tolérances normales des produits standard, conformément à la norme ISO 492:1994.

Jeu interne

Conformément aux exigences de la plupart des applications et en particulier des machines électriques, les roulements-capteurs SKF présentent un jeu interne C3, selon les spécifications de l'ISO 5753:1991 pour les roulements rigides à billes. Les valeurs indiquées dans le tableau 1 sont valables pour des roulements non montés soumis à une charge zéro.

Vitesses admissibles

Les roulements-capteurs SKF peuvent être utilisés aux mêmes vitesses limites que les roulements rigides à billes avec joint correspondants. Pour les vitesses supérieures, consultez SKF.

Plage de températures de fonctionnement

Les roulements-capteurs SKF ont été soumis à des tests approfondis en laboratoire, à l'issue desquels il est apparu qu'ils peuvent être utilisés sur une plage de températures comprises entre -40 et +120 °C. Pour des températures dépassant 120-150 °C de façon constante, des versions spéciales pourront être proposées après analyse de l'application concernée.

Tableau 1

Alésage d	Jeu interne C3	
	min	max
mm	µm	
15	11	25
20	13	28
25	13	28
30	13	28
40	15	33
45	18	38

Jeu interne des roulements-capteurs SKF