

BACCALAUREAT GENERAL

Session 2000

Série S Technologie Industrielle

ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

Coefficient : 6 Durée de l'épreuve : 4 heures

*Sont autorisées les calculatrices électroniques,
ainsi que les manuels du type « Guide du dessinateur industriel ».
Aucun autre document personnel n'est autorisé.*

Le candidat doit disposer des feuilles 1/20 à 20/20. Les feuilles réponse n°1, 2, 3, 4, 5 sont à rendre obligatoirement avec la copie.

Il est conseillé de consacrer :

- 10 minutes pour la lecture du sujet
- 1h30 pour l'analyse du système (6pts)
- 1h10 pour les calculs de vérification (7pts)
- 1h10 pour la production d'une solution (7pts)

CHAINE de FABRICATION de SEAUX de PEINTURE BODYPACK

Sommaire

PRESENTATION DU SYSTEME	1
TRAVAIL DEMANDE	
ANALYSE DU SYSTEME	5
ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE	5
Feuille réponse n°1	7
ANALYSE DE PARTIE COMMANDE	5
Feuille réponse n°2	8
ANALYSE DE PARTIE OPERATIVE	6
Feuille réponse n°3	9
Feuille réponse n°4	10
CALCULS DE VERIFICATION.....	11
PRODUCTION D'UNE SOLUTION.....	14
Feuille réponse n°5	15
DOSSIER RESSOURCE	
Nomenclature	16
Dessin d'ensemble du mécanisme de transfert	17
Éléments standards	18
Documentation technique électronique	19

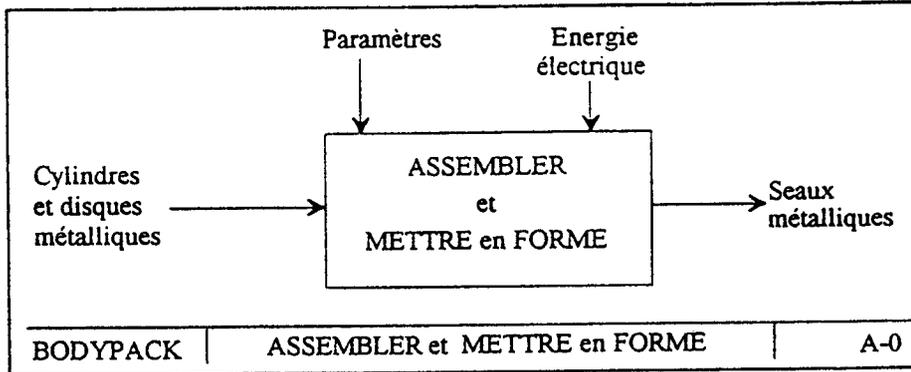
CHAINE de FABRICATION de SEAUX de PEINTURE BODYPACK

Mise en situation

Bodypack est un système qui permet l'assemblage et la mise en forme de seaux métalliques, destinés à recevoir de la peinture.

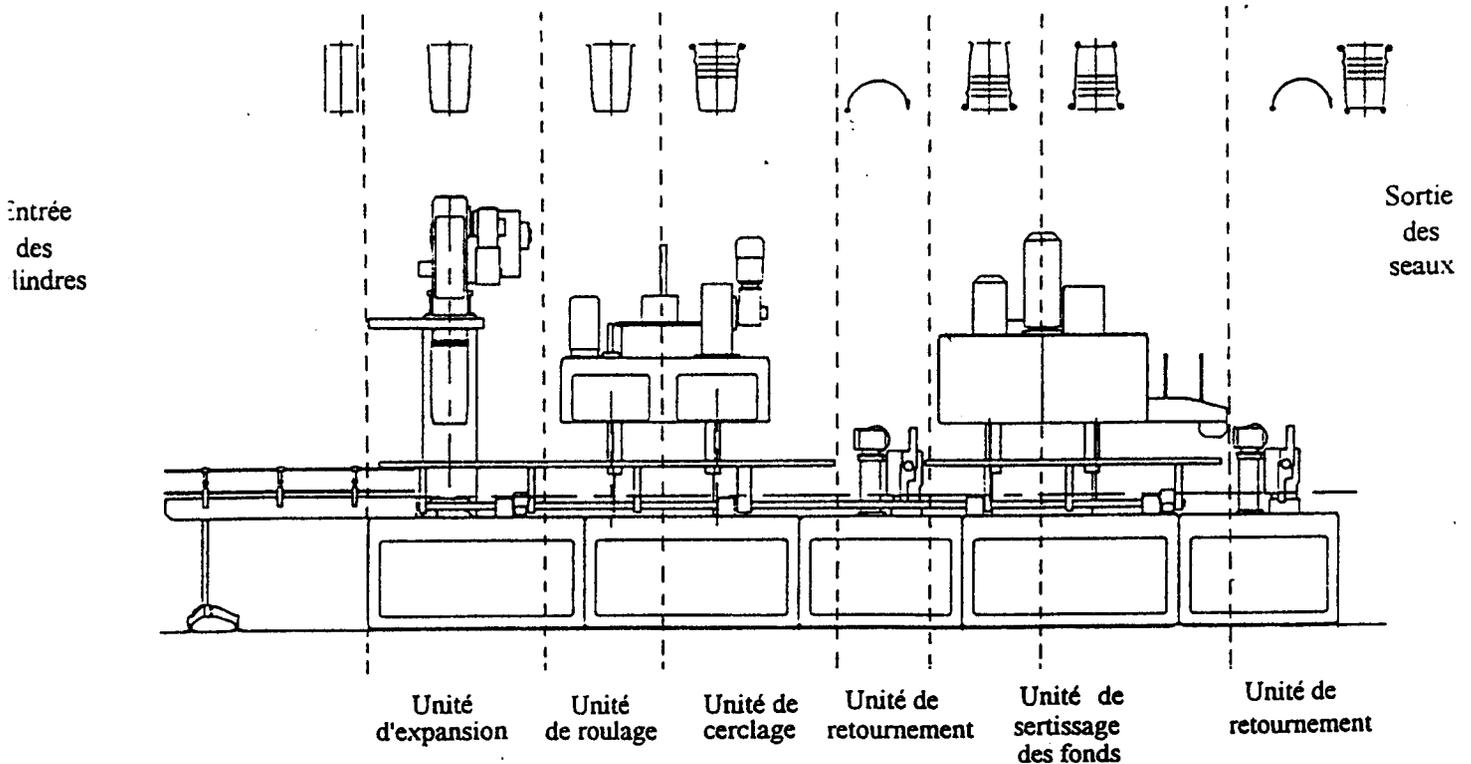


Actigramme représentatif de Bodypack:



Présentation

Vue d'ensemble de la chaîne de fabrication



La chaîne de fabrication de seaux métalliques est constituée de différentes unités de production. Chaque unité de production est gérée par un cycle de fonctionnement qui peut se décomposer en 3 actions: transfert de la matière d'oeuvre, présentation à l'outillage, traitement.

Description du fonctionnement

La chaîne est alimentée en cylindres métalliques de longueur et de diamètre définis.

⇒ L'unité d'expansion.

Elle évase les cylindres pour que les seaux, une fois terminés, puissent être empilés afin de tenir le moins de place possible pendant le stockage à vide.

⇒ L'unité de roulage.

Elle prépare le bord des cylindres pour qu'ils soient prêts à recevoir le couvercle.

⇒ L'unité de cerclage.

Elle réalise des anneaux de renfort qui rigidifient les cylindres, et permettent également de limiter la profondeur lors de l'empilage.

⇒ L'unité de sertissage

Elle prépare le dessous du cylindre en effectuant un roulage du bord et sertit un disque de métal sur le fond.

⇒ Les unités de retournement

Elles permettent de présenter le dessous du cylindre en vue de préparer les fonds et de restituer le seau à l'endroit en fin de chaîne.

En sortie les seaux sont prêts pour recevoir la peinture.

Le mécanisme de transfert permet le déplacement des cylindres afin de les présenter à chaque unité de production.

L'ensemble est synchronisé par un automate programmable.

Principe de fonctionnement du mécanisme de transfert (voir pages 4/20 et 17/20)

Le mécanisme de transfert fonctionne sur le principe d'un mécanisme bielle-manivelle. Le motoréducteur 16 entraîne en rotation la manivelle 3 qui transmet le mouvement à la bielle à came 7. Celle-ci assure le déplacement en translation du chariot 26 et des axes de transfert 27 par rapport au bâti et aux paliers à douilles 1.

L'écartement des bras 32 est assuré par le contact des galets 37 sur le profil de la came.

Un tour du motoréducteur correspondant à un cycle de fonctionnement se décompose de la manière suivante:

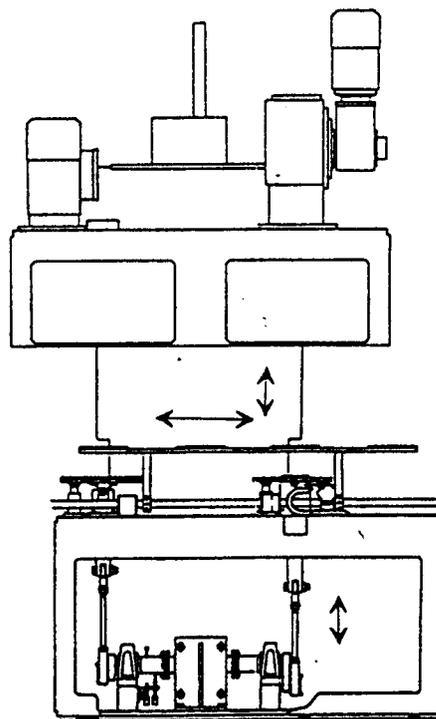
Fig. 1 : Position de démarrage, bras écartés (la bielle à came est représentée en transparence).

Fig. 2 : Les bras se resserrent pour saisir le seau placé en amont.

Fig. 3 : Les bras sont toujours serrés et font avancer le seau.

Fig. 4 : Les bras sont toujours serrés et le seau a été déplacé en aval. Les bras sont sur le point de s'écarter pour lâcher le seau et retourner en position de démarrage.

Pendant la phase de retour du mécanisme de transfert en position initiale, les seaux sont montés pour être présentés à l'outillage. Après traitement ils redescendent, pour pouvoir être transférés à l'unité suivante.



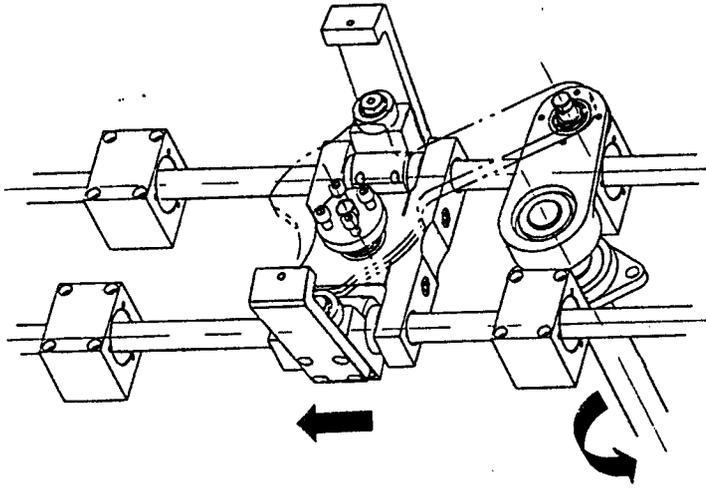


Fig. 1
 Position des bras : écartés
 Déplacement du chariot : à gauche

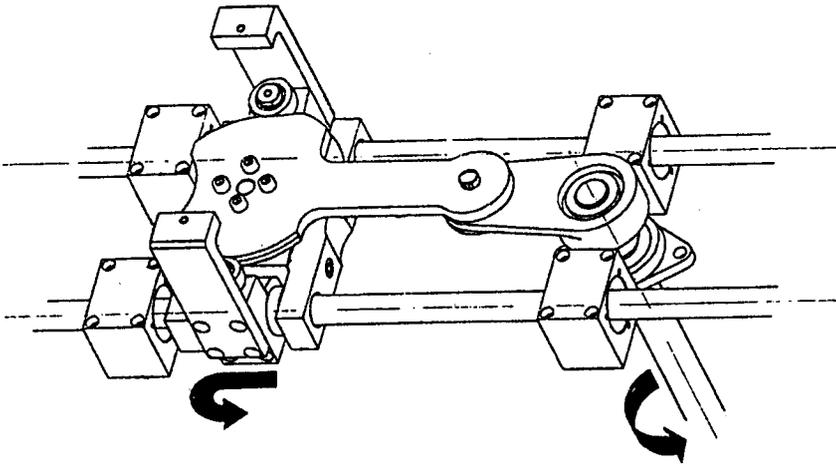


Fig. 2
 Position des bras : serrés

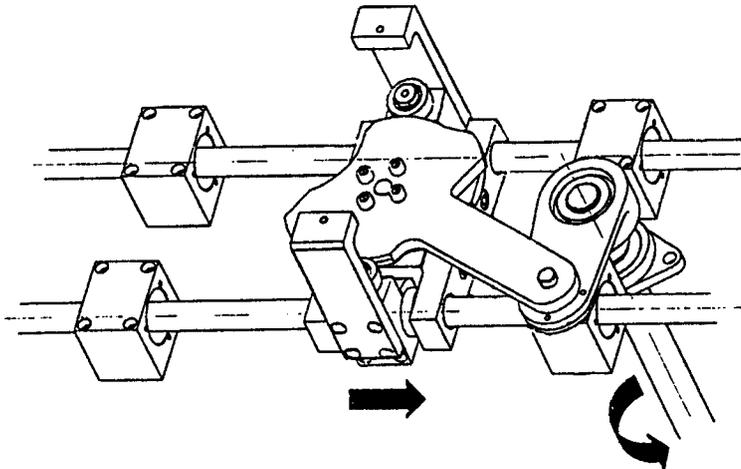


Fig. 3
 Position des bras : serrés
 Déplacement du chariot : à droite

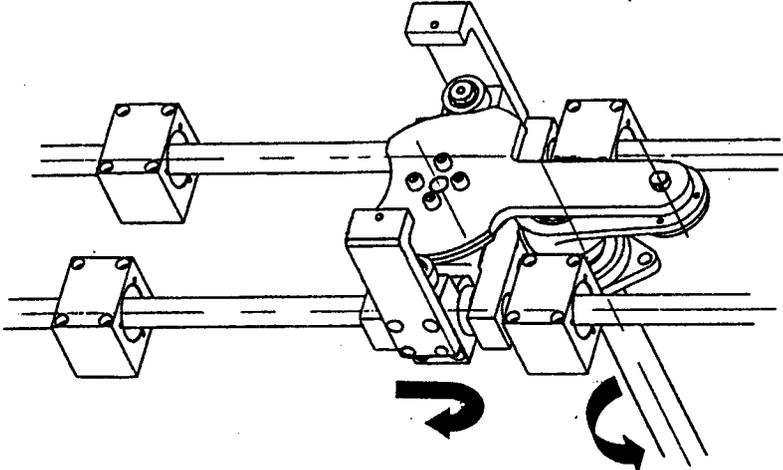


Fig. 4
 Position des bras : serrés

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MECANISME DE TRANSFERT

ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE

Question 1 (répondre sur la feuille réponse n° 1, page 7/20)

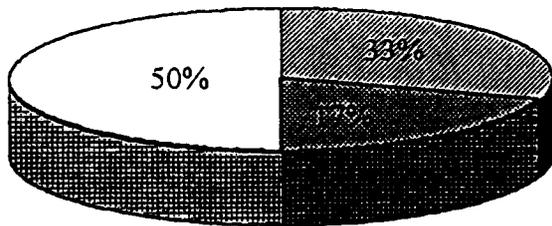
- ☞ A partir de la description du fonctionnement compléter, sur le document réponse 1, l'actigramme A0.

ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE

La chaîne de fabrication produit 50 seaux par minute.

Pour un cycle de fonctionnement la répartition des temps est la suivante:

- ☞ Le temps sur une unité de production devra prendre en compte le temps de traitement et le temps de montée/descente pour présenter le seau.



Cycle de fonctionnement

- Temps de transfert
- Temps de montée/descente
- Temps de traitement

Question 2 (répondre sur votre copie)

- ☞ Calculer la durée d'un cycle de fonctionnement.

Question 3 (répondre sur votre copie)

- ☞ Calculer le temps de transfert pour passer d'une unité à la suivante.
En déduire la vitesse de rotation en sortie du motoréducteur d'entraînement du mécanisme de transfert pour faire avancer un seau et retourner au suivant.

Question 4 (répondre sur la feuille réponse n° 2, page 8/20)

- ☞ A partir de la description du fonctionnement du système, et de la durée de chacune des étapes du cycle de fonctionnement:
Etablir, sur le document réponse 2, les diagrammes temporels pour un seau et pour un cycle complet de fonctionnement.

ANALYSE DE LA PARTIE OPERATIVE

Le plan d'ensemble et la nomenclature du mécanisme de transfert, qui assure le déplacement des seaux vers les différents postes de la machine, sont présentés pages 17/20 et 16/20. Un classement cinématique des pièces de ce mécanisme (motoréducteur exclu) permet de distinguer huit classes d'équivalence (le repère de référence est lié au bâti fixe de la machine : paliers à douilles $\underline{1}$...):

$$A = \{1, \dots\}$$

$$B = \{3, \dots\}$$

$$C = \{7, \dots\}$$

$$D = \{26, \dots\}$$

$$E = \{32, \dots\}$$

$$E' = \{32', \dots\}$$

$$F = \{37, \dots\}$$

$$F' = \{37', \dots\}$$



Remarque : les classes d'équivalence E' et F' sont les symétriques des classes d'équivalence E et F.

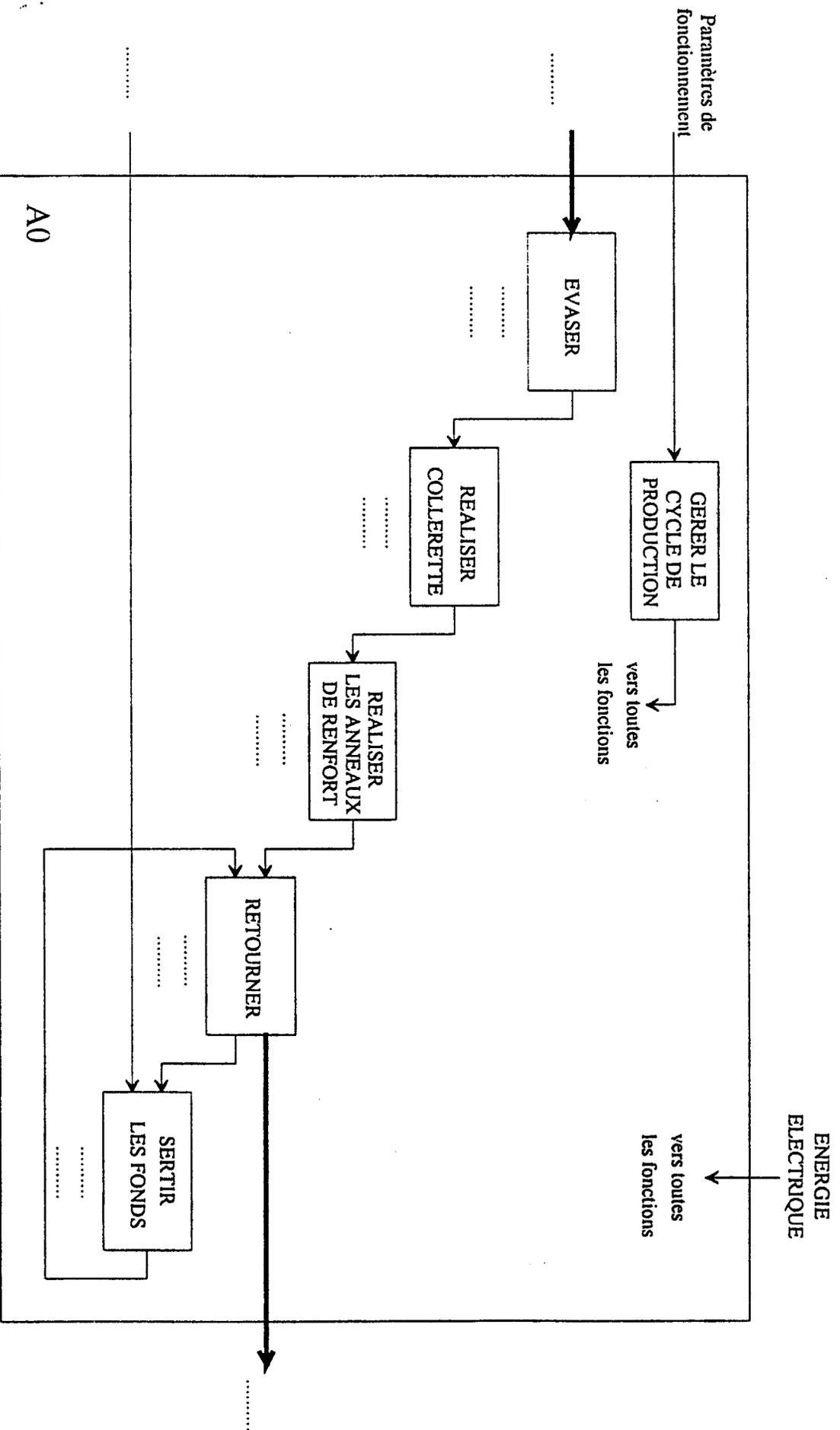
Question 5 (répondre sur la feuille réponse n° 3, page 9/20)

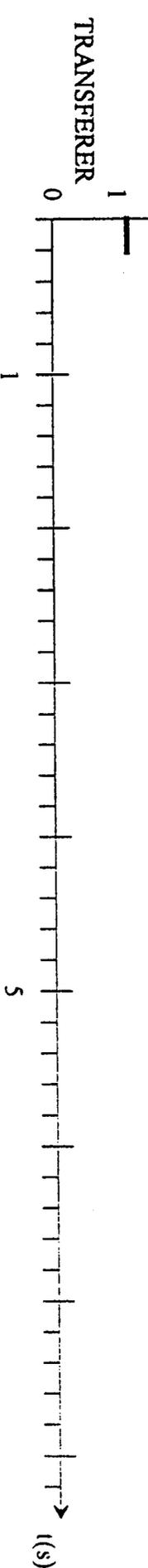
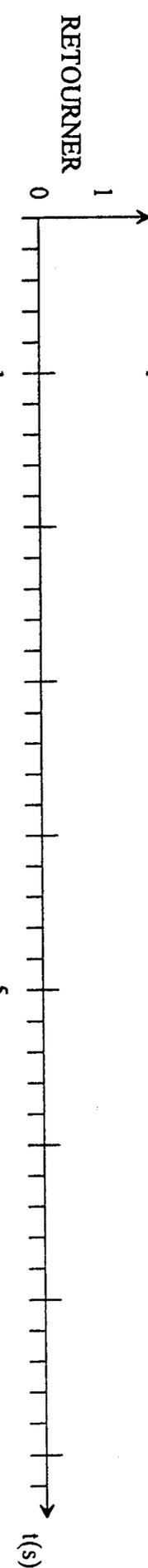
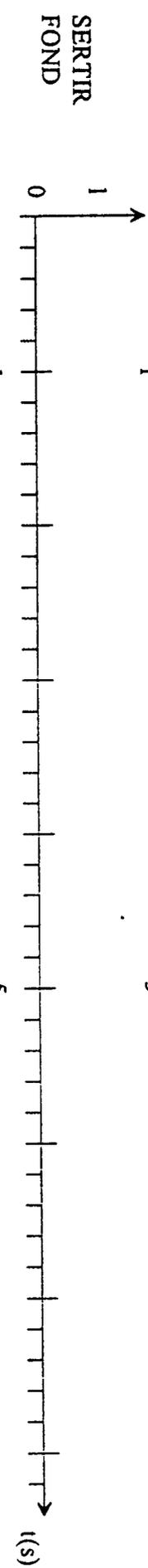
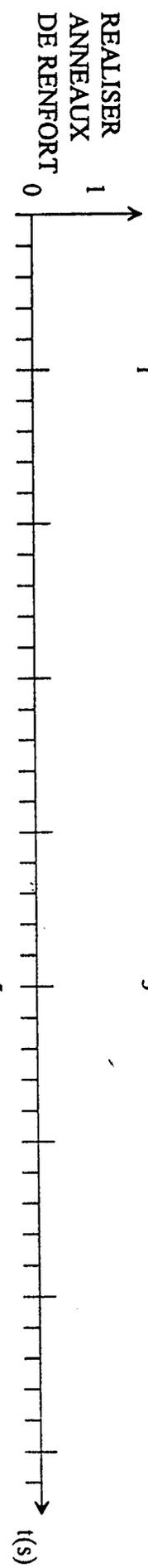
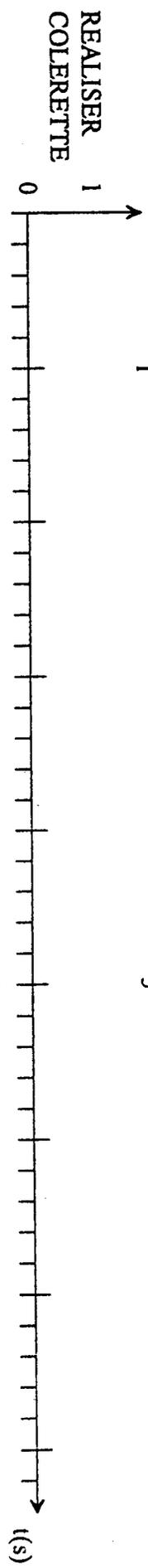
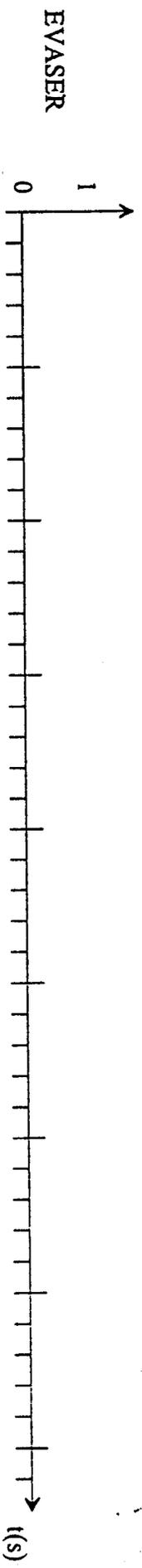
- Distribuer les pièces suivantes dans les classes correspondantes : 8, 9, 10, 13, 17, 18, 20, 24, 27, 36 (pour les roulements, préciser bague extérieure ou bague intérieure, par exemple 9bi, 9be).
- Compléter le graphe des liaisons en indiquant le nom des liaisons manquantes entre les classes.

Question 6 (répondre sur la feuille réponse n° 4, page 10/20)

- Compléter le schéma cinématique en utilisant les symboles normalisés des liaisons.

Feuille réponse 1

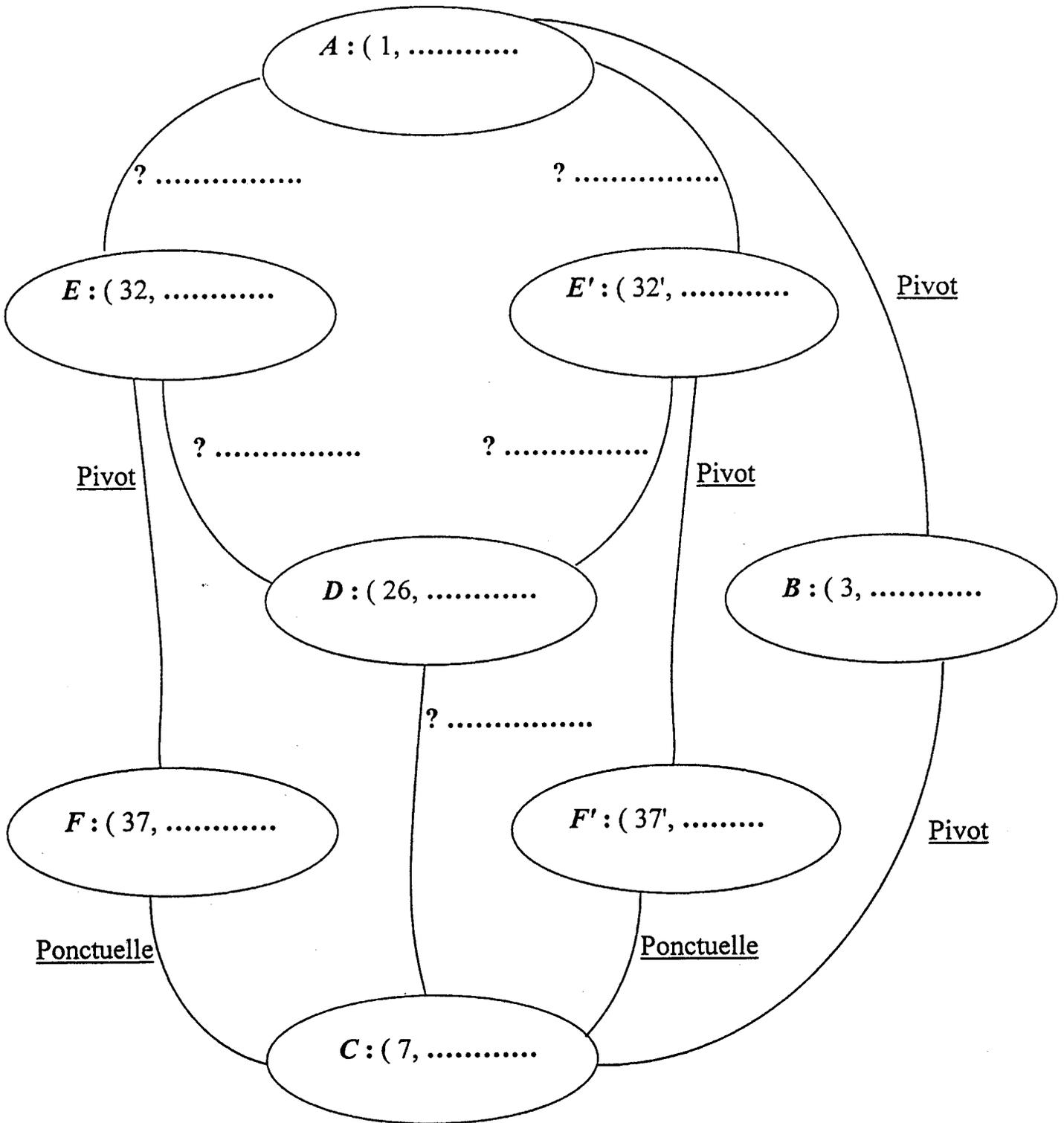




Feuille réponse n° 3

Question 5, page 6/20

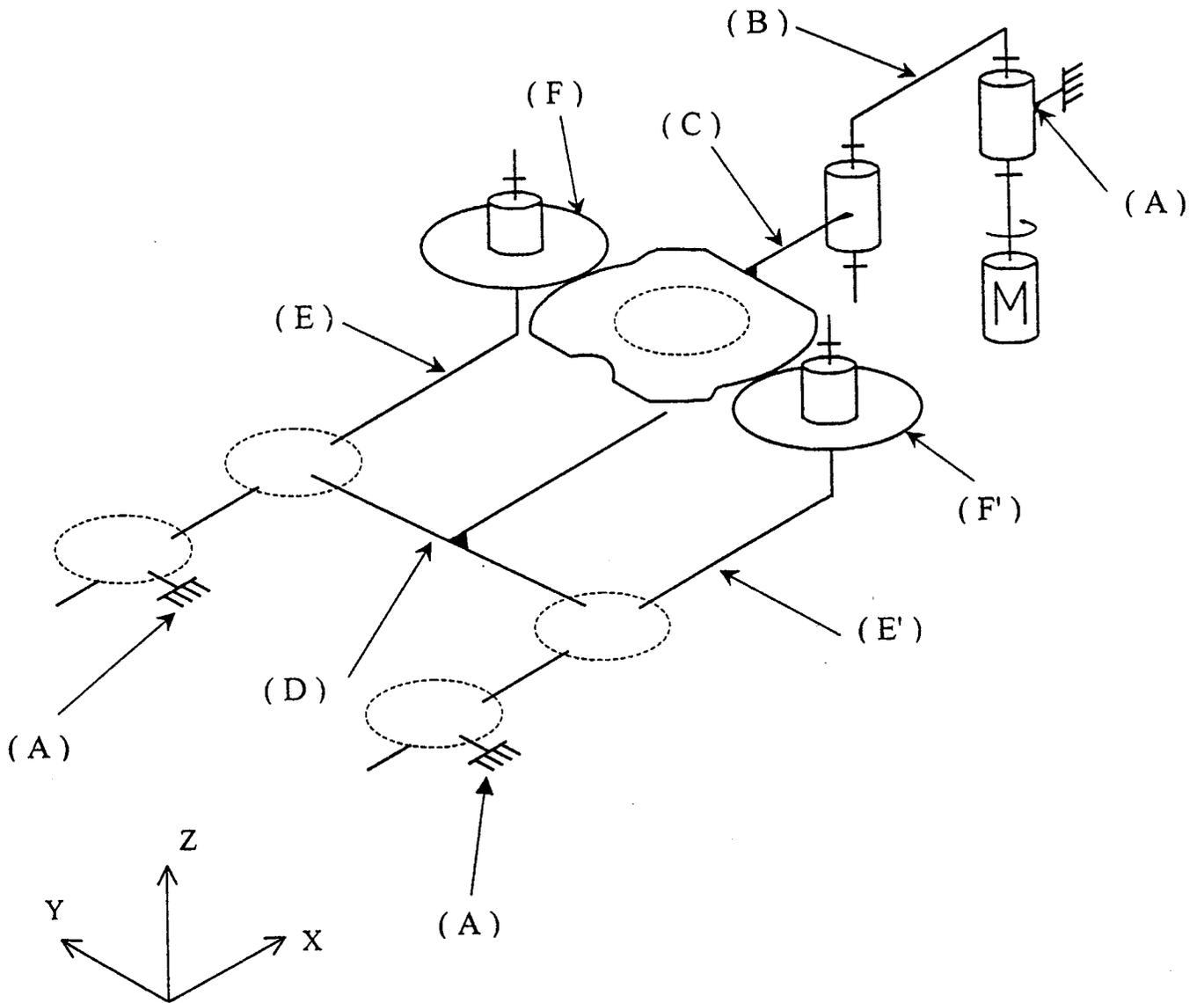
Graphe des liaisons



Feuille réponse n° 4

Question 6, page 6/20

Schéma cinématique spatial



La synchronisation des différentes unités de production implique un fonctionnement du mécanisme de transfert avec une grande précision.

Afin d'obtenir cette précision la commande du motoréducteur de ce mécanisme est assurée par un servovariateur de vitesse électronique qui permet des accélérations et des freinages très souples et très précis.

Servovariateur de vitesse

La gestion du déplacement en translation du chariot est organisée autour d'un microcontrôleur 68705R3 appartenant à la famille des microcontrôleurs M68HC05 et intégré au servovariateur de vitesse.

Question 7 (répondre sur votre copie)

☒ Rappeler la structure matérielle minimale nécessaire pour le fonctionnement d'un microprocesseur.

Question 8 (répondre sur votre copie)

☒ Donner la différence entre microcontrôleur et microprocesseur.

☒ Préciser les avantages et les inconvénients du microcontrôleur par rapport au microprocesseur.

☒ A partir de la documentation sur le microcontrôleur, effectuer le bilan des ressources disponibles (capacité des mémoires, nombre d'entrées/sorties disponibles,...)

Question 9 (répondre sur votre copie)

☒ Rappeler la différence entre mémoire vive (RAM) et mémoire morte (ROM).

☒ Le bus d'adresses du microcontrôleur est composé de SEIZE fils. Préciser l'espace maximal adressable avec ce bus.

Question 10 (répondre sur votre copie)

☒ Rappeler le rôle d'une interface d'entrée/sortie.

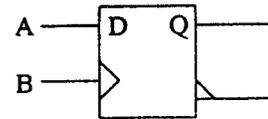
Pour mesurer la position du mécanisme de transfert on utilise un codeur incrémental.
Ce codeur est situé sur l'axe du motoréducteur.

Question 11 (répondre sur votre copie)

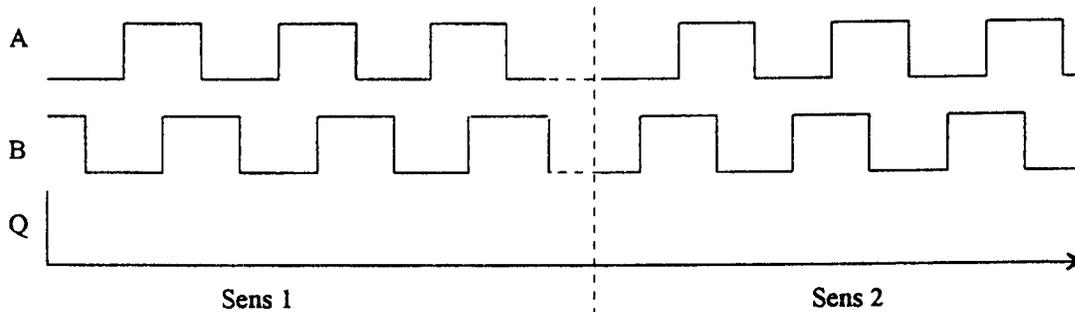
- ✎ A partir de la documentation constructeur (page 20/20), donner la forme des signaux disponibles sur les sorties du codeur.

Question 12 (répondre sur votre copie en reprenant et commentant les chronogrammes ci-dessous)

Afin de déterminer le sens de rotation on utilise une bascule D câblée comme ci-contre:



- ✎ Rappeler la table de fonctionnement de la bascule D.
- ✎ En déduire l'état de la sortie de la bascule pour les chronogrammes suivants:



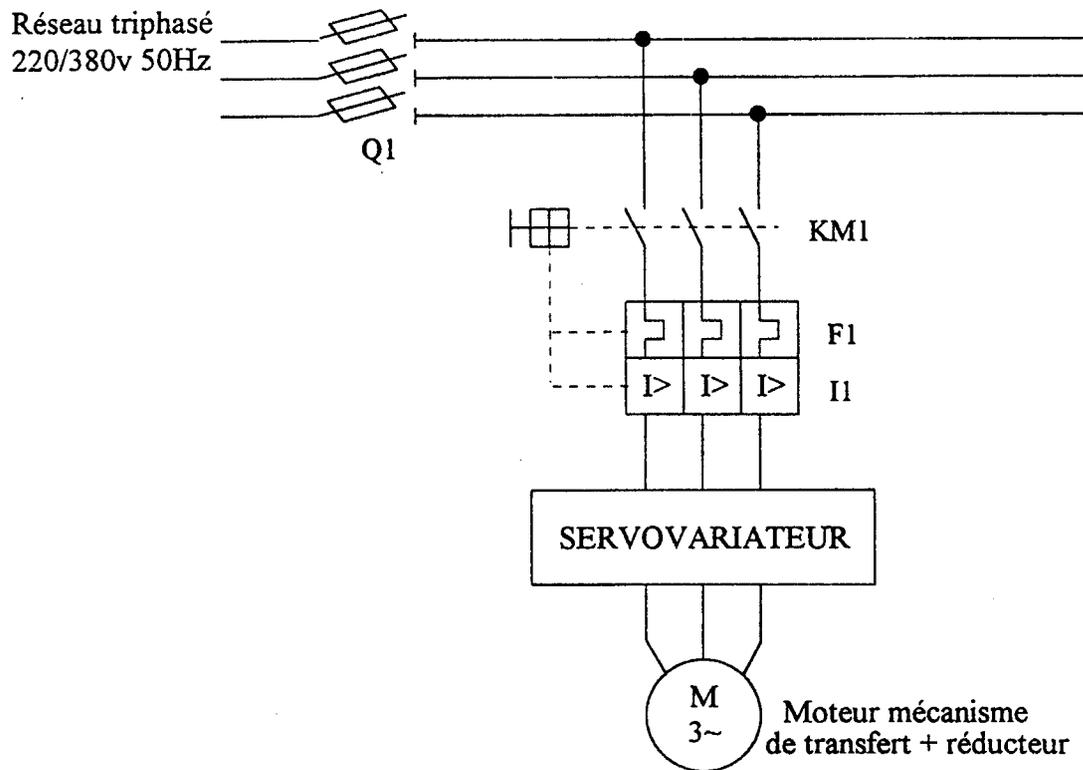
Question 13 (répondre sur votre copie):

On souhaite contrôler la position du mécanisme de transfert à l'aide du codeur incrémental avec une précision de 1%

- ✎ Donner la résolution minimale de ce codeur.
- ✎ Choisir dans la documentation le codeur le plus adapté.

Circuit de puissance du moteur du mécanisme de transfert

Etude partielle du circuit de puissance du moteur du mécanisme de transfert.



Question 14 (répondre sur votre copie)

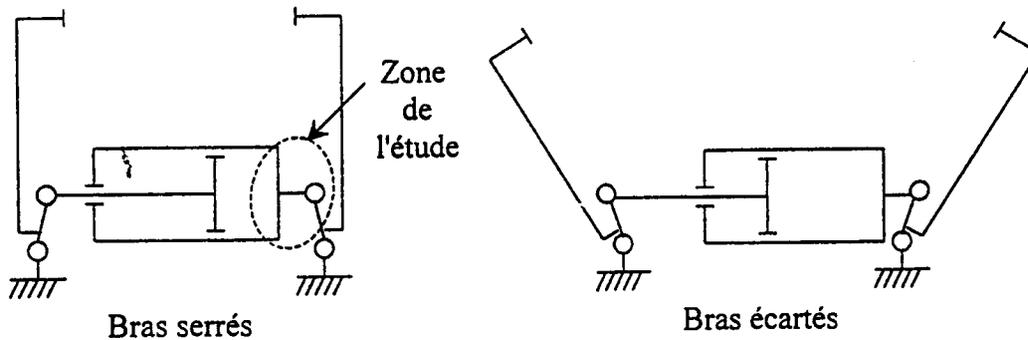
- ☞ Donner le nom et la fonction des éléments Q1, KM1 et F1.

Question 15 (répondre sur votre copie)

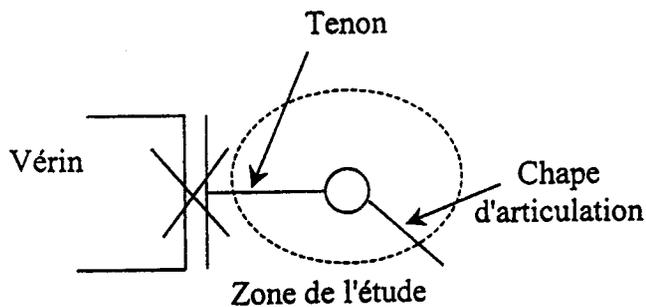
- I1 réalise la protection en courant.
- ☞ A quelle valeur minimum de courant doit-il être réglé pour protéger le montage?
La puissance nominale du moteur du mécanisme de transfert est de 1,5kW.
On donne pour le moteur $\cos \varphi = 0,8$.

Etude du dispositif de rappel des bras de transfert

Un dispositif de rappel permet aux galets 37 de rester en permanence en contact avec le profil de la bielle à came 7. Ce rappel est assuré par un vérin relié par ses deux extrémités aux bras de transfert par l'intermédiaire de chapes d'articulation (voir schémas ci-dessous).



On se propose de concevoir la liaison entre le fond du vérin et la chape d'articulation. Cette liaison sera réalisée par l'intermédiaire d'un tenon. Le schéma du montage est donné ci-dessous :



Question 17 (répondre sur la feuille réponse n° 5, page 15/20)

Sur la feuille réponse n° 5, page 15/20, concevoir cette liaison en respectant les recommandations suivantes :

- Le tenon est en liaison complète démontable avec le fond du vérin par quatre vis CHc M8 (voir page 18/20). **Cette liaison n'est pas à représenter.**
- L'élément qui réalise l'articulation entre le tenon et la chape doit avoir un diamètre $\phi 16$. Le montage et le démontage doivent être faciles et ne pas détériorer le tenon en alliage d'aluminium.
- La liaison pivot est réalisée avec deux coussinets composites à collerette (voir documentation page 18/20).

On définira les formes choisies sur :

- la vue de face en coupe DD
- la vue de dessus en coupe EE

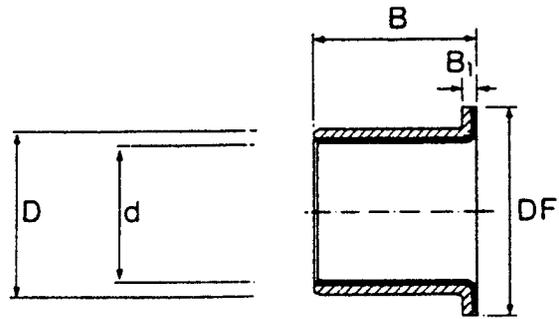
 Nota : on veillera à utiliser des éléments standards.

Nomenclature du mécanisme de transfert

37	2	Galet de came		
36	2	Axe de galet		
35	2	Cale		
34	6	Barre de transfert		
33	130	Galet sur roulement ϕ 6x30x8		
32	2	Bras de transfert		
31	1	Tampon		
30	1	Fourche		
29	2	Goupille		
28	2	Porte galet		
27	2	Axe de transfert		
26	1	Chariot		
25	4	Coussinet composite 16x12		
24	2	Palier		
23	1	Support de détecteur		
22	1	Détecteur inductif ϕ 12	12-14 Vcc	
21	1	Bride détecteur M12x1		
20	18	Douille à bille combinée ϕ 30		
19	36	Entretoise de douille à billes		
18	36	Bride de douille à billes		
17	1	Support moteur		
16	1	Motoréducteur		
15	1	Roulement à billes à segment d'arrêt	20/47x14 SKF	
14	1	Axe de manivelle		
13	1	Bride		
12	1	Rondelle frein ϕ 25		
11	1	Ecrou à encoches M25		
10	1	Entretoise		
9	1	Roulement à billes	25/52x15 SKF	
8	1	Axe de bielle		
7	1	Bielle à came		
6	1	Entretoise		
5	1	Rondelle frein ϕ 20		
4	1	Ecrou à encoches M20		
3	1	Manivelle		
2	1	Manchon 30x41		
1	18	Palier à douille		
Rep	Nb	Désignation	Observations	Matière

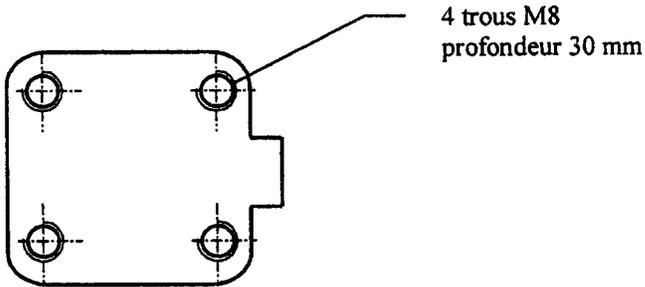
Coussinets composites à collerette :

Ces coussinets sont constitués d'un support en tôle d'acier revêtu de cuivre sur lequel est frittée une couche poreuse de bronze et dans laquelle s'incruste la couche frottante en polytétrafluoréthylène (PTFE).



d	D	DF	B ₁	B
12	14	20	1	7 - 9 - 12 - 15 - 17
14	16	22	1	12 - 17
15	17	23	1	9 - 12 - 17
16	18	24	1	12 - 17
18	20	26	1	12 - 17 - 22
20	23	30	1.5	11.5 - 15 - 16.5 - 21.5

Informations sur le fond du vérin :



Référence	ROM	RAM	EEPROM	Timer	Serie	A/D	I/O	Vitesse du bus (MHz)	Boitier	Commentaires
M68HC05 (HCMOS)										
M68HC705B5	6K	176	0	16-Bit-2 IC, 2 OC WDOG	SCI	Oui	32	0-2.1	56-B 52-FN	PWM
M68HC705C8	8K	304	0	16-Bit-1 IC, 1 OC, WDOG	SPI, SCI	Non	31	0-4.0	40-P 44-FN 40-S 40-FS	Version basse tension et haute vitesse disponibles
M68HC705J2	2K	112	0	Multifonction à 15 étages, RTI.. WDOG	-	Non	14	0-2.1	20-P 20-DW 20-S	
M68HC705P9	2K	128	0	16-Bit-1 IC, 1 OC, WDOG	SIOP	Oui	21	0-2.1	28-P, 28-DW, 28-S	
M68705R3	4K	112	0	8-Bit	-	Oui	32	0-2.1	40-P 44-FN 40-S	Prédiviseur 7 bits
M68705P3	2K	112	0	8-Bit	-	-	20	0-2.1	28-P 28-S	

Codeurs rotatifs incrémentaux

Principe

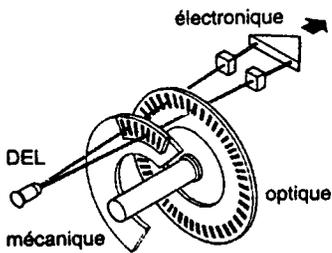


Figure 1

Le codeur rotatif est un capteur de position angulaire.

- L'axe du codeur est lié mécaniquement à l'arbre de la machine qui l'entraîne. Cet axe fait tourner un disque qui lui est solidaire.

Le disque comporte une succession de parties opaques et transparentes.

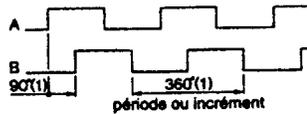
- Une lumière émise par des diodes électroluminescentes (DEL), traverse les fentes de ce disque, créant sur les diodes photosensibles réceptrices un signal analogique.

- Ce signal est amplifié électroniquement puis converti en signal carré, qui est alors transmis à un système de traitement.

Le codeur optique est un dispositif électromécanique dont la sortie électrique représente sous forme numérique une fonction mathématique de la position angulaire de l'axe d'entrée (figure 1).

Il existe 2 types de codeurs rotatifs :

- codeur incrémental (ou générateur d'impulsions);
- codeur absolu.



(1) Degré électrique
Figure 2

Codeur Incrémental

Le disque comporte au maximum 2 types de pistes :

- la piste extérieure est divisée en "n" intervalles d'angles égaux alternativement opaques et transparents, "n" s'appelant la résolution ou nombre de périodes.

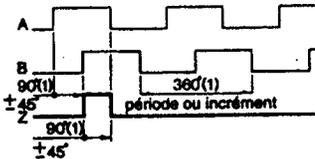
Pour un tour complet de l'axe du codeur le faisceau lumineux est interrompu "n" fois et délivre "n" signaux consécutifs.

Derrière la piste extérieure sont installées 2 diodes photosensibles décalées délivrant des signaux carrés (A et B), en quadrature (figure 2).

Le déphasage (90° électrique), des signaux A et B permet de déterminer le sens de rotation : dans un sens, pendant le front montant du signal A, le signal B est à 1, dans l'autre sens, pendant le front montant du signal A, le signal B est à 0.

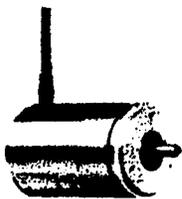
- La piste intérieure comporte une seule fenêtre transparente et délivre un seul signal par tour. Ce signal (Z) appelé "top zéro" (durée électrique 90°) est synchrone avec les signaux A et B (figure 3).

Ce "top zéro" détermine une position de référence et permet la réinitialisation à chaque tour.

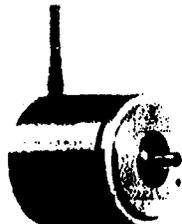


(1) Degré électrique
Figure 3

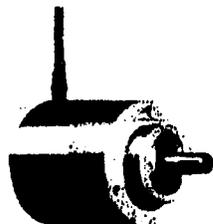
A axe plein



XCC-HD.....



XCC-HE.....



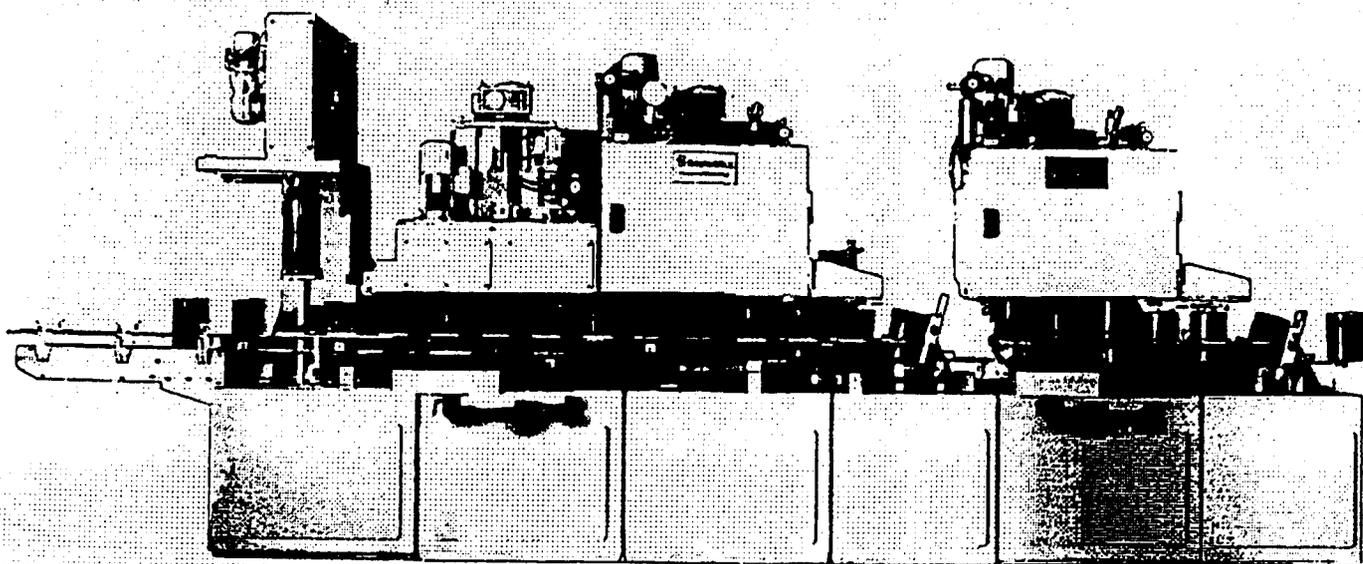
XCC-HF.....

Résolution Nombre de périodes	Etage de sortie	Tension d'alim. (1) V	de sortie V	Nombre de voies	Fréquence maxi de lecture kHz
Ø 44, taille 18					
256	NPN	24	30	ABZ	25
360	NPN	24	30	ABZ	25
500	PNP	24	24	ABZ	25
Ø 58, taille 23 avec charge maximale admissible sur l'axe : radiale 20 N, axiale 10 N					
360	PNP	24	24	ABZ	25
1000	Emetteur de ligne	5	★	A ⁻ B ⁻ B ⁻ Z ⁻	50
	NPN	24	30	A ⁻ B ⁻ B ⁻ Z ⁻	25
Ø 58, taille 23 avec charge maximale admissible sur l'axe : radiale 60 N, axiale 40 N					
180	NPN	24	30	ABZ	25
200	NPN	24	30	ABZ	25
500	PNP	24	24	ABZ	25
2000	Emetteur de ligne	5	★	A ⁻ B ⁻ B ⁻ Z ⁻	100
2500	NPN	24	30	ABZ	25

**CHAINE de FABRICATION de SEAUX de PEINTURE
BODYPACK**



CORRIGE



Proposition de barème

Analyse du système

Questions			/36
Actigramme A0		/8	
Temps par unité		/2	
Temps transfert		/2	
Vitesse moteur		/2	
Diagrammes temporels		/8	
Distribution pièces	4x1 + 4x0,5 (classes symétriques)	/6	
Liaisons	1 + 4x0,5 (liaisons symétriques)	/3	
Schéma		/5	

Calculs de vérification

Questions			/42
Environnement minimum		/4	
Différences $\mu P - \mu C$		/2	
Avantages inconvénients		/2	
Ressources disponibles		/5	
Différence memoire vive/morte		/2	
Bus		/2	
Rôle interface E/S		/2	
Signaux disponibles en sortie du codeur		/3	
Table de vérité bascule D		/2	
Chronogrammes ²		/3	
Résolution minimale		/2	
Choix du codeur		/2	
Nom et fonction	2 + 2 + 2	/6	
Valeur du courant		/4	

Production d'une solution

Questions			/42
Forme du tenon		/8	
Liaison pivot axe / bras de rappel		/15	
Liaison complète démontable axe / tenon		/15	
Respect des dimensions normalisées		/4	

ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE

Question 1

Actigramme: feuille réponse n° 1

ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE

Question 2

Temps opératoire passé sur chaque unité de production:

50 seaux / mn

1 seau → 1,2s

Temps opératoire 50% → 0,6s par unité

Question 3

Temps de transfert pour passer d'une unité à la suivante:

1 seau → 1,2s

Temps de transfert 33% → 0,4s

Vitesse de rotation du moteur d'entraînement du mécanisme de transfert:

Moteur 1tr → 2x0,4s

Vitesse $60/(2 \times 0,4) = 75 \text{tr/mn}$

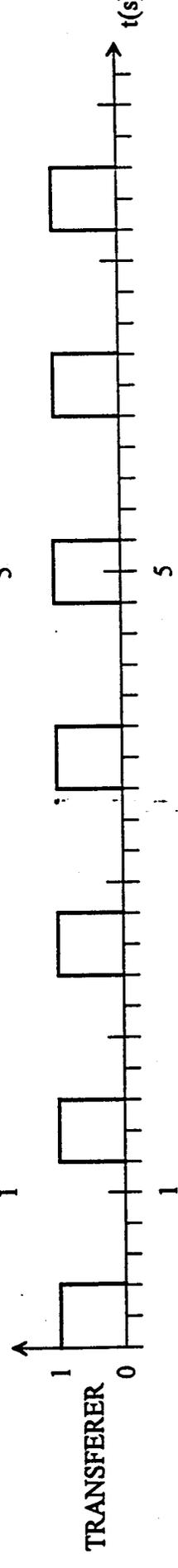
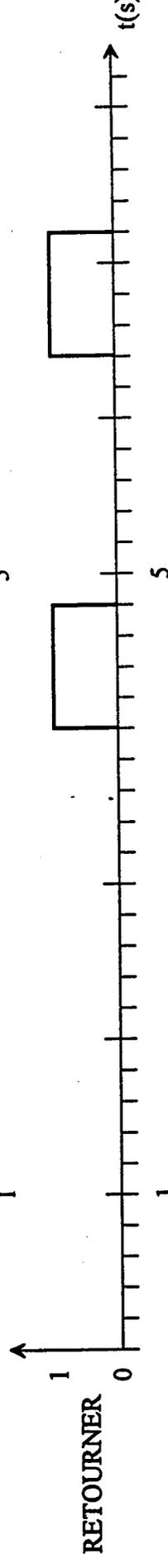
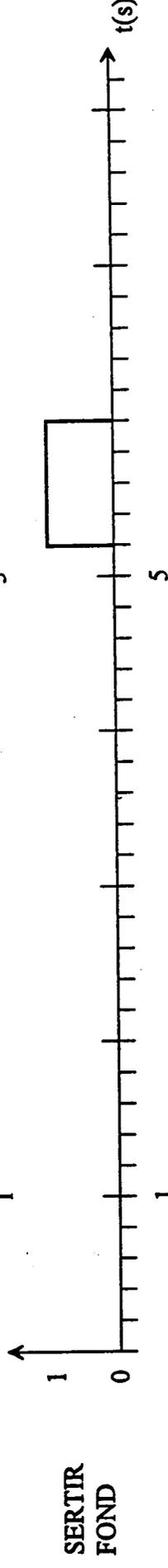
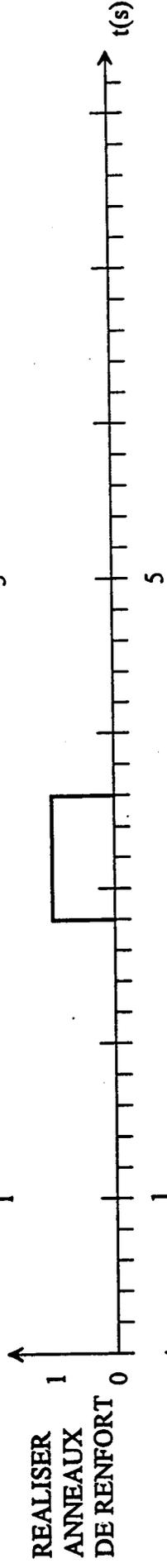
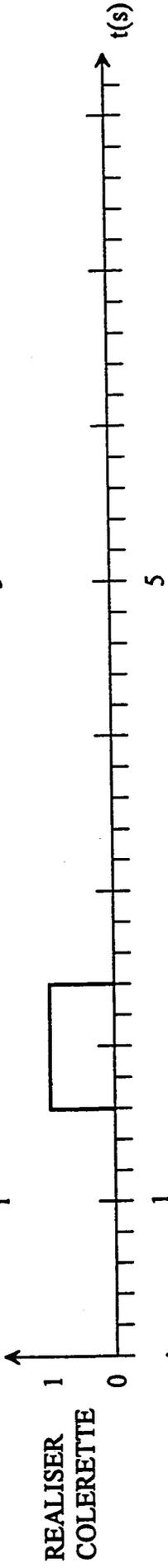
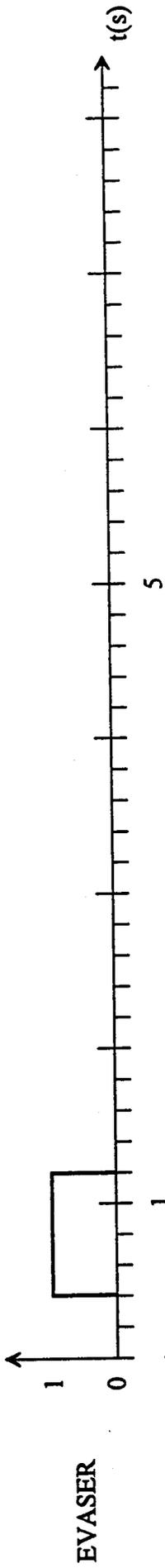
Question 4

Diagrammes temporels: feuille réponse n° 2

Temps de montée/descente 17% → 0,2s

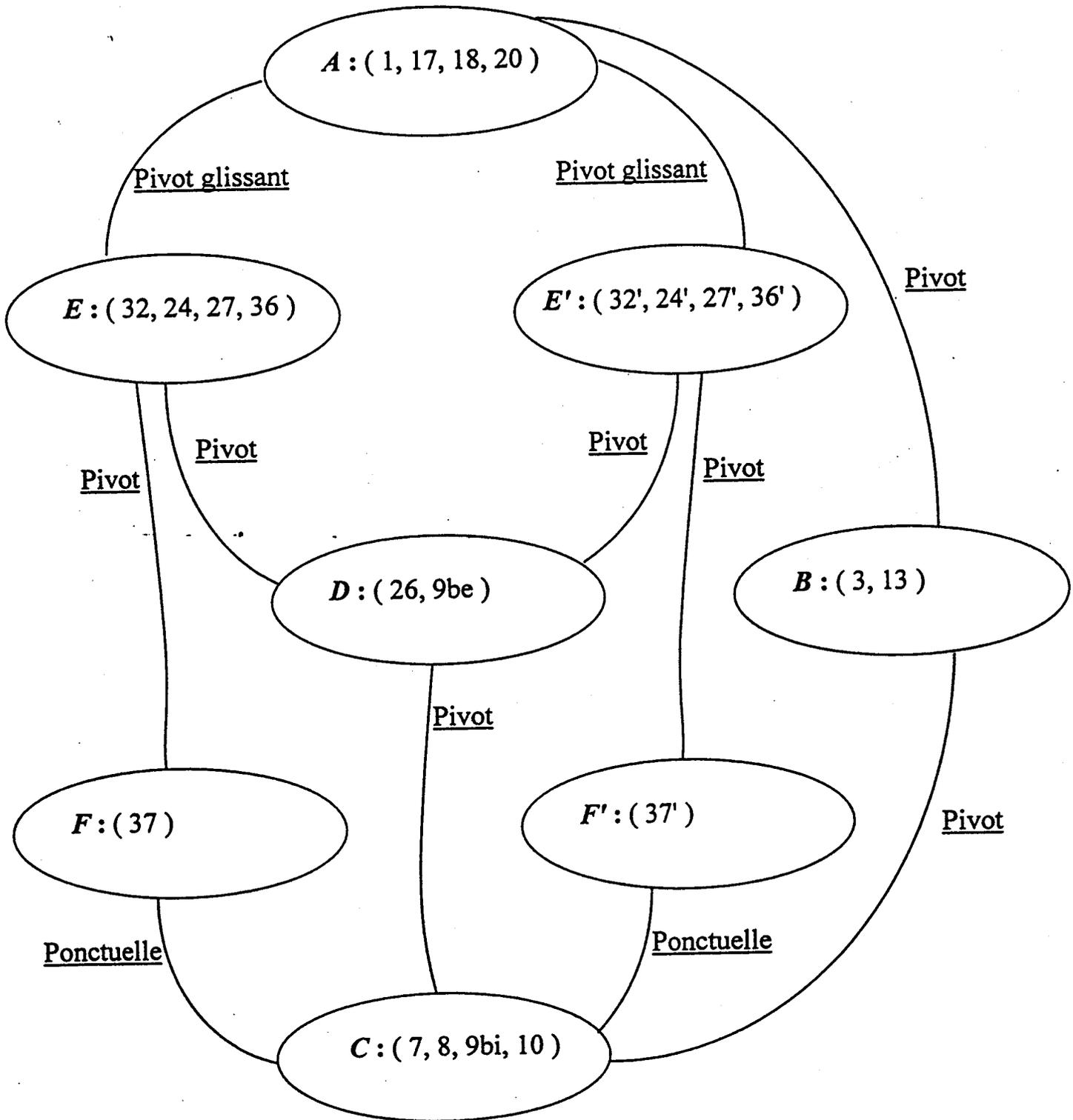
Temps sur une unité de production: $0,6 + 0,2 = 0,8 \text{s}$.

Feuille réponse 2



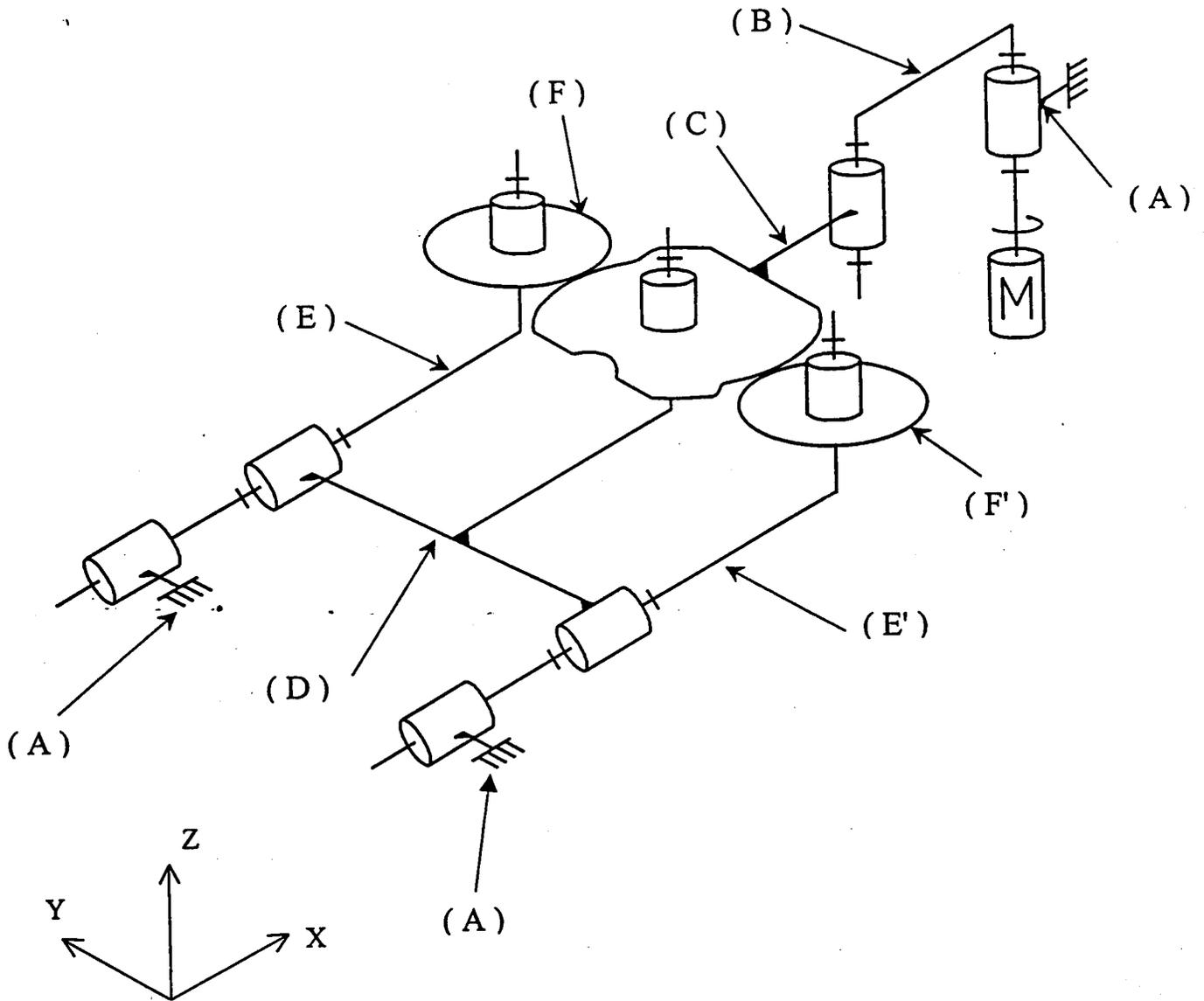
Question 5, page 6/20

Graphe des liaisons



Question 6, page 6/20

Schéma cinématique spatial



Servovariateur de vitesse

Question 7

Structure matérielle nécessaire pour le fonctionnement d'un microprocesseur:

- mémoire morte,
- mémoire vive,
- périphérique,
- décodage d'adresses.

Question 8

Différence entre microprocesseur et microcontrôleur:

le microcontrôleur intègre dans son boîtier le microprocesseur et son environnement minimal.

Avantages du microcontrôleur: moins de place - moins de consommation

Inconvénients: ressources imposées.

Ressources disponibles

capacité mémoires ROM: 4Ko

RAM: 112

entrées/sorties disponibles: 32

1 convertisseur A/D

1 Timer

Question 9

Différence entre mémoire vive et mémoire morte:

- Mémoire vive: lecture et écriture de données.
- Mémoire morte: lecture des données.

Bus d'adresses de seize fils, $2^{16} = 65536$ adresses mémoires sélectionnables;

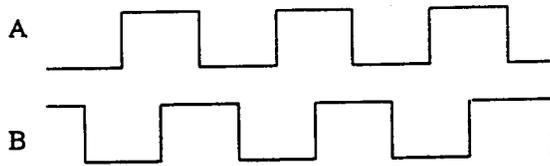
Question 10

Rôle d'une interface d'entrée/sortie:

Assurer les liaisons entre le microprocesseur et les composants ne faisant pas partie de son environnement minimum le rôle d'une interface d'entrée/sortie.

Question 11

Forme des signaux disponibles sur les sorties du codeur.

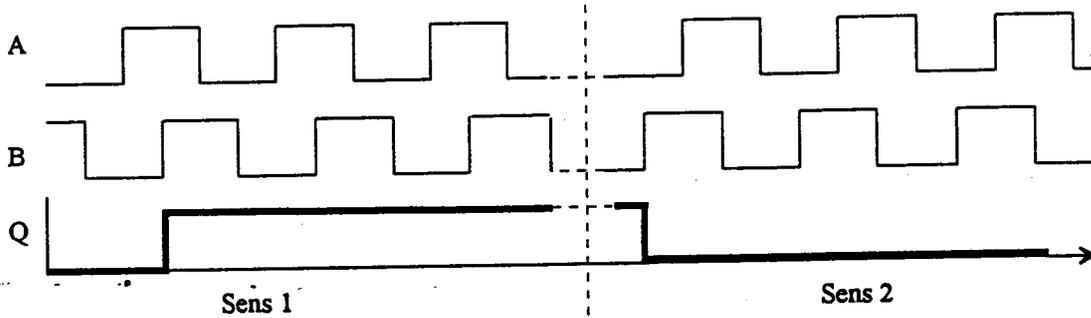


Question 12

Table de fonctionnement de la bascule D.

Etat de la sortie de la bascule pour les chronogrammes suivants:

Question 13



Choix du codeur:

1 impulsion \rightarrow 0,01tr (1%) \rightarrow 100 impulsions par tour

Résolution minimale du codeur 100

Choix du codeur : Résolution 180

Circuit de puissance du moteur du mécanisme de transfert

Question 14

- Q1 : Sectionneur porte-fusibles
- Sectionneur : isoler de l'alimentation
- Fusibles : protéger contre les court-circuits
- KM1 : Contacteur : préactionneur du moteur - interface PC / PO
- F1 : Relais thermique : protéger le moteur en cas d'échauffement.

Question 15

Intensité minimum du courant:

$$P = 3UI \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{3I \cos \varphi} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{3 \times 220 \times 0,8} = 2,8A$$

Question 17, page 14/20

