

# BACCALAUREAT GENERAL

Session 2001

Série S Technologie Industrielle

## ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

*Coefficient : 6      Durée de l'épreuve : 4 heures*

*Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel habituel du dessinateur.  
Aucun document n'est autorisé.*

Le candidat doit disposer des feuilles 1/13 à 13/13. Les feuilles R1 et R2 sont à rendre obligatoirement avec la copie.

La répartition des points se fera de la façon suivante :

Analyse du système : 6 points

Calculs de vérification : 7 points

Production de solution : 7 points

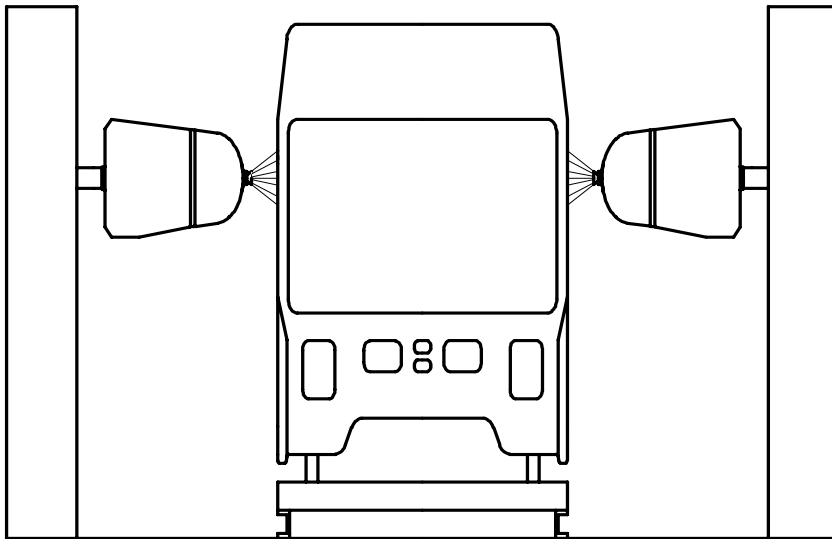
### Robot de peinture pour camion

#### Sommaire

<b>PRESENTATION DU SYSTEME</b> .....	<b>1/13</b>
MISE EN SITUATION .....	<b>1/13</b>
PRESENTATION DU ROBOT .....	<b>2/13</b>
Schéma cinématique .....	<b>2/13</b>
Actigramme A-0 et A0 .....	<b>3/13</b>
Actigramme A1 et A2.....	<b>4/13</b>
Schéma structurel de l'asservissement de position .....	<b>5/13</b>
Nomenclature .....	<b>6/13</b>
Dessin d'ensemble .....	<b>7/13</b>
durée conseillée pour la lecture des pages 1 et 2 : 10 min	
<b>ANALYSE DU SYSTEME</b> .....	<b>8/13</b>
ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE.....	<b>8/13</b>
ANALYSE DE LA PARTIE OPERATIVE.....	<b>8 et 9/13</b>
ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE.....	<b>9 et 10/13</b>
durée conseillée : 1 h 10 min	
<b>CALCULS DE VERIFICATION</b> .....	<b>11 et 12/13</b>
durée conseillée : 1 h 20 min	
<b>PRODUCTION D'UNE SOLUTION</b> .....	<b>13/13</b>
durée conseillée : 1 h 20 min	
<b>DOCUMENTS REPOSES</b> .....	<b>R1, R2</b>

# PRESENTATION DU SYSTEME

## ROBOT DE PEINTURE POUR CAMION

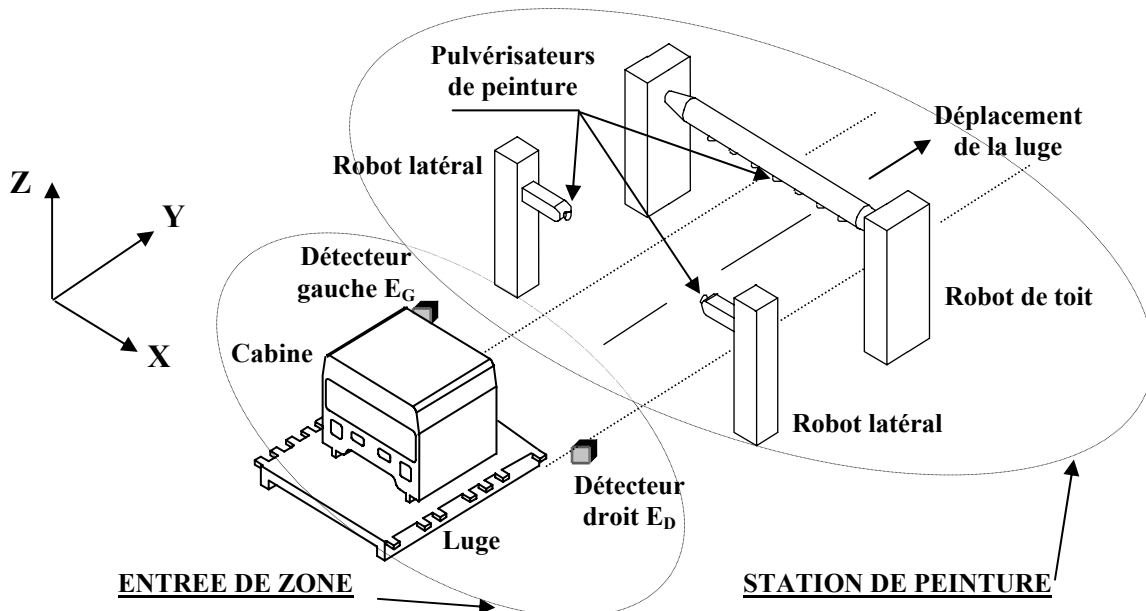


## Robot de peinture pour camion

### 1- MISE EN SITUATION

Une cabine de camion, après assemblage des différents éléments de tôlerie qui la composent, est envoyée dans l'atelier de recouvrement de surface où elle doit être protégée contre l'oxydation et peinte à la couleur choisie par le client.

La production « juste à temps » étant appliquée dans l'entreprise, chaque cabine fabriquée est déjà vendue à un client qui a choisi les options d'équipement et la couleur du camion. Pour informer chaque poste de travail des options choisies, la cabine est placée sur une luge identifiée par un code binaire. Sa lecture par deux détecteurs permet de renseigner chaque poste d'intervention sur les options choisies et donc de charger le programme adéquat.



La luge est entraînée par un système de chaîne selon l'axe Y (**système non étudié**).

Lors de son passage sur les détecteurs situés en entrée de zone, le code binaire contenant les informations sur la cabine (type, teinte choisie), est lu et transmis au système de commande de la station de peinture.

Les automates assurant la gestion des robots de peinture prennent en compte ces informations et exécutent en fonction de l'avance de la cabine le programme permettant le bon positionnement des pulvérisateurs dans l'espace.

Les mouvements combinés des pulvérisateurs permettent le suivi du profil et la mise en peinture des côtés, de l'avant et de l'arrière de la cabine.

Entre 2 cabines, les automates peuvent exécuter un changement de couleur en 15 secondes.

**L'étude se limitera à un robot latéral de la station de peinture.**

# PRESENTATION DU SYSTEME

## 2- PRESENTATION DU ROBOT DE PEINTURE

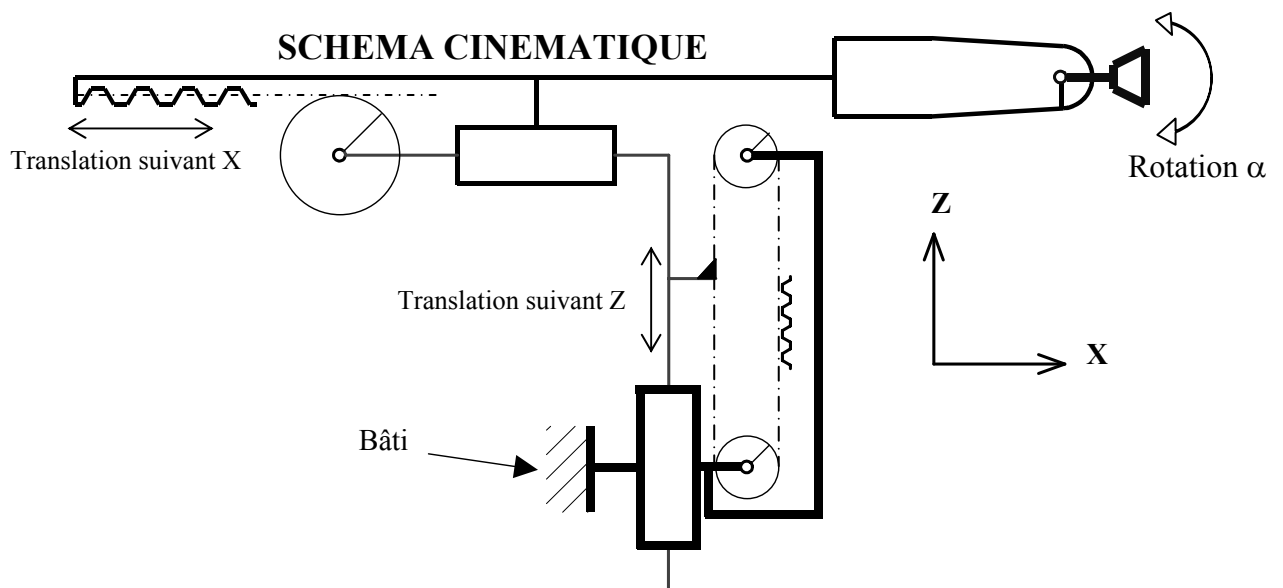
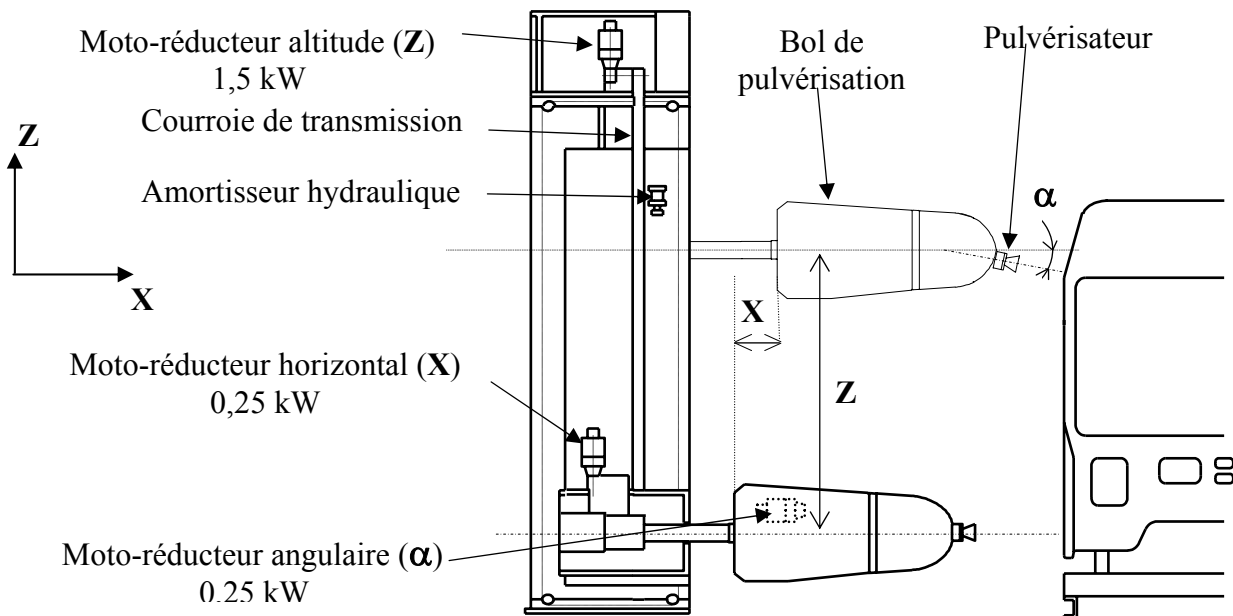
Chaque robot de peinture est géré par un automate programmable industriel (A.P.I) qui en fonction du « code luge » exécute un programme préétabli permettant au pulvérisateur de suivre le profil exact de la cabine.

Le suivi du profil est assuré grâce aux mouvements suivants :

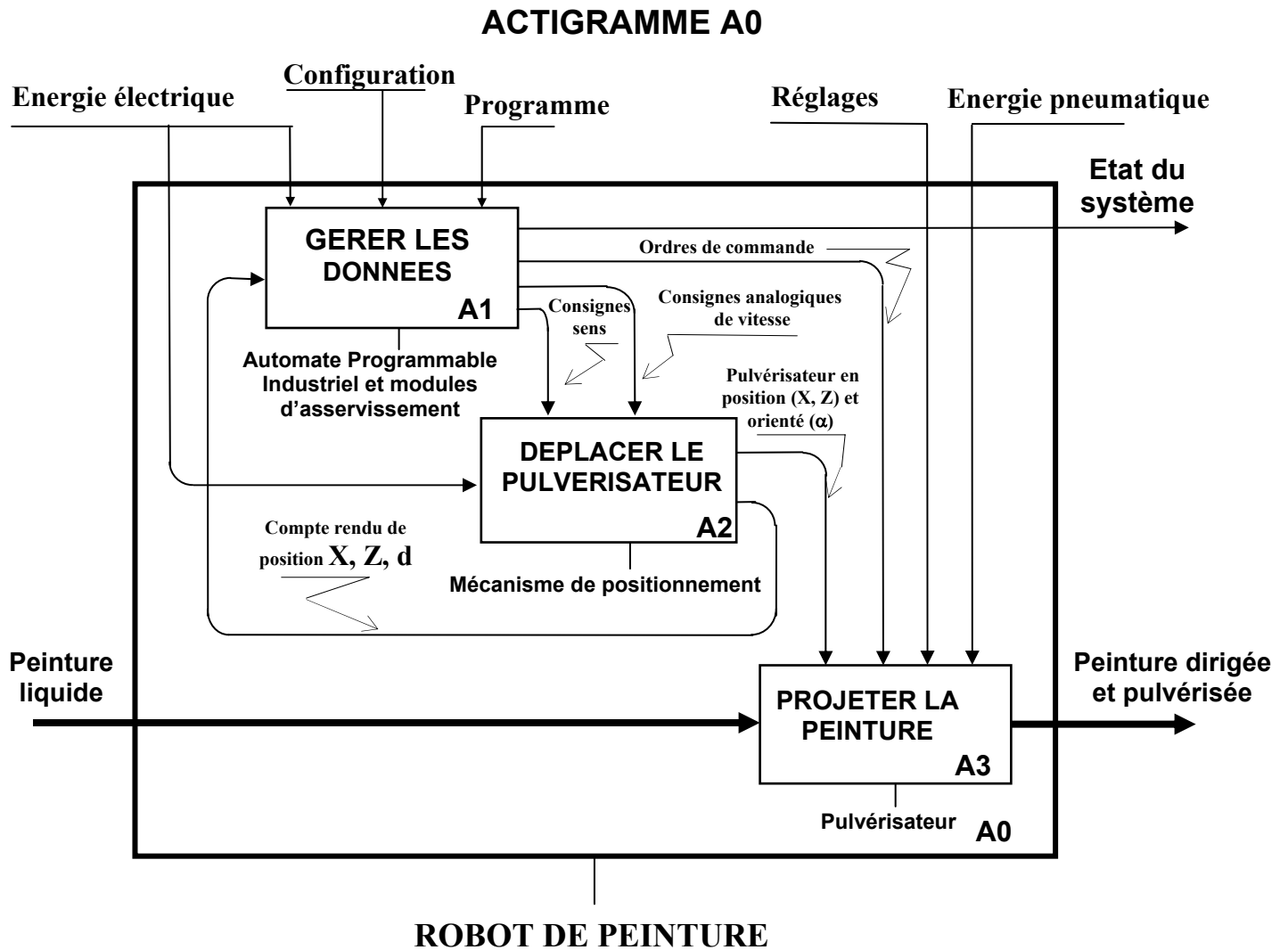
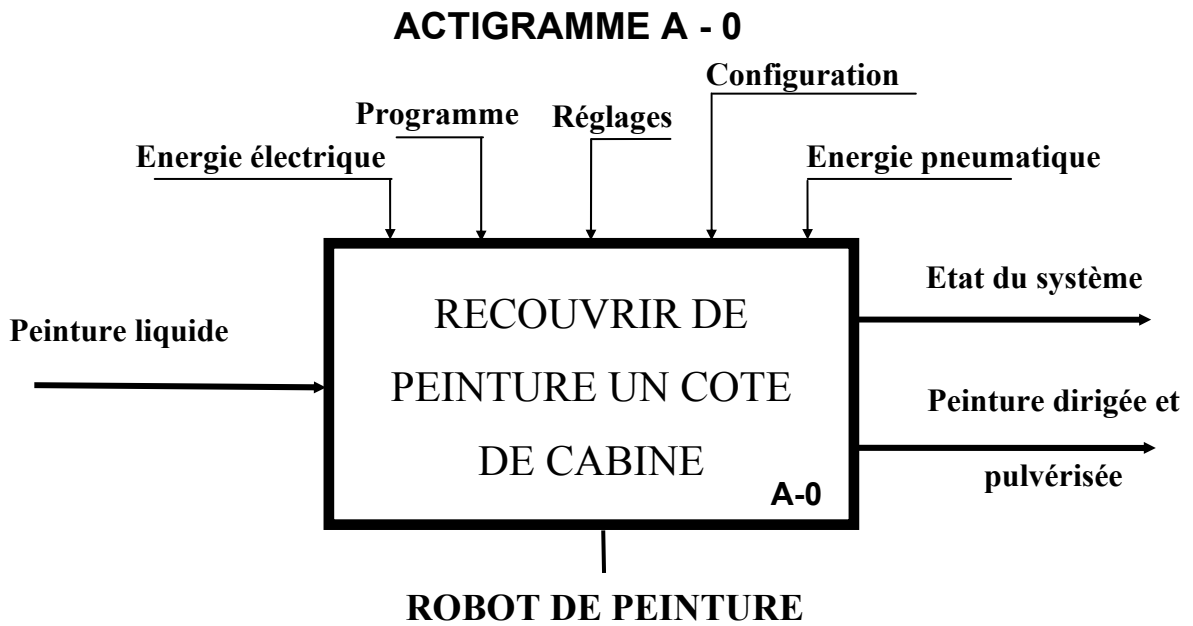
- mouvement horizontal : course utile  $X = 400\text{mm}$
- mouvement d'altitude : course utile  $Z = 2700\text{mm}$
- mouvement de rotation : amplitude  $-45^\circ \leq \alpha \leq +45^\circ$

Chaque mouvement est asservi en position afin de respecter la distance de pulvérisation et la perpendicularité de la buse du pulvérisateur par rapport à la cabine.

Remarque : l'angle  $\alpha$  n'étant pas mesurable directement, l'asservissement prendra en compte un déplacement linéaire  $d$  image de  $\alpha$ . Cette valeur  $d$  sera explicitée dans la partie calculs de vérification.

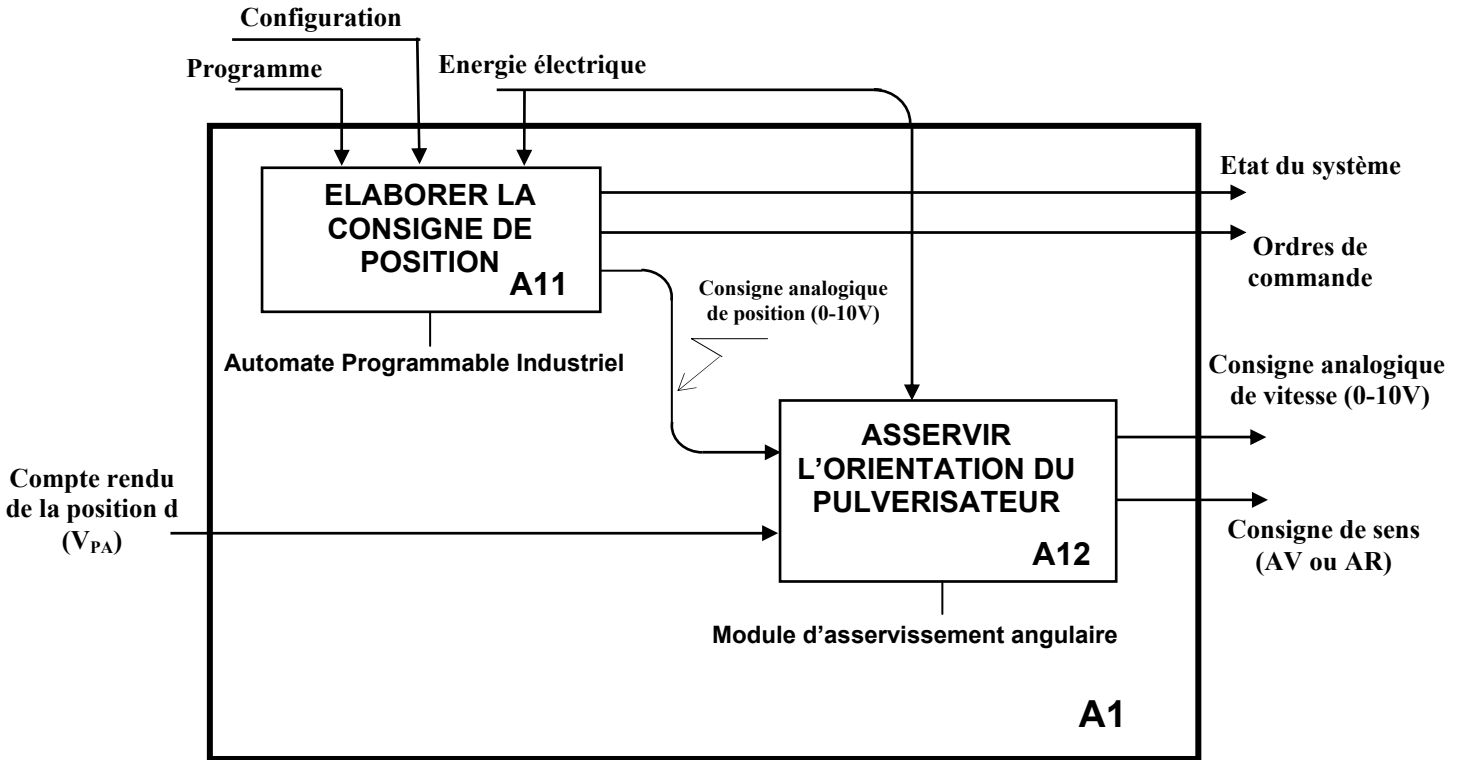


# PRESENTATION DU SYSTEME

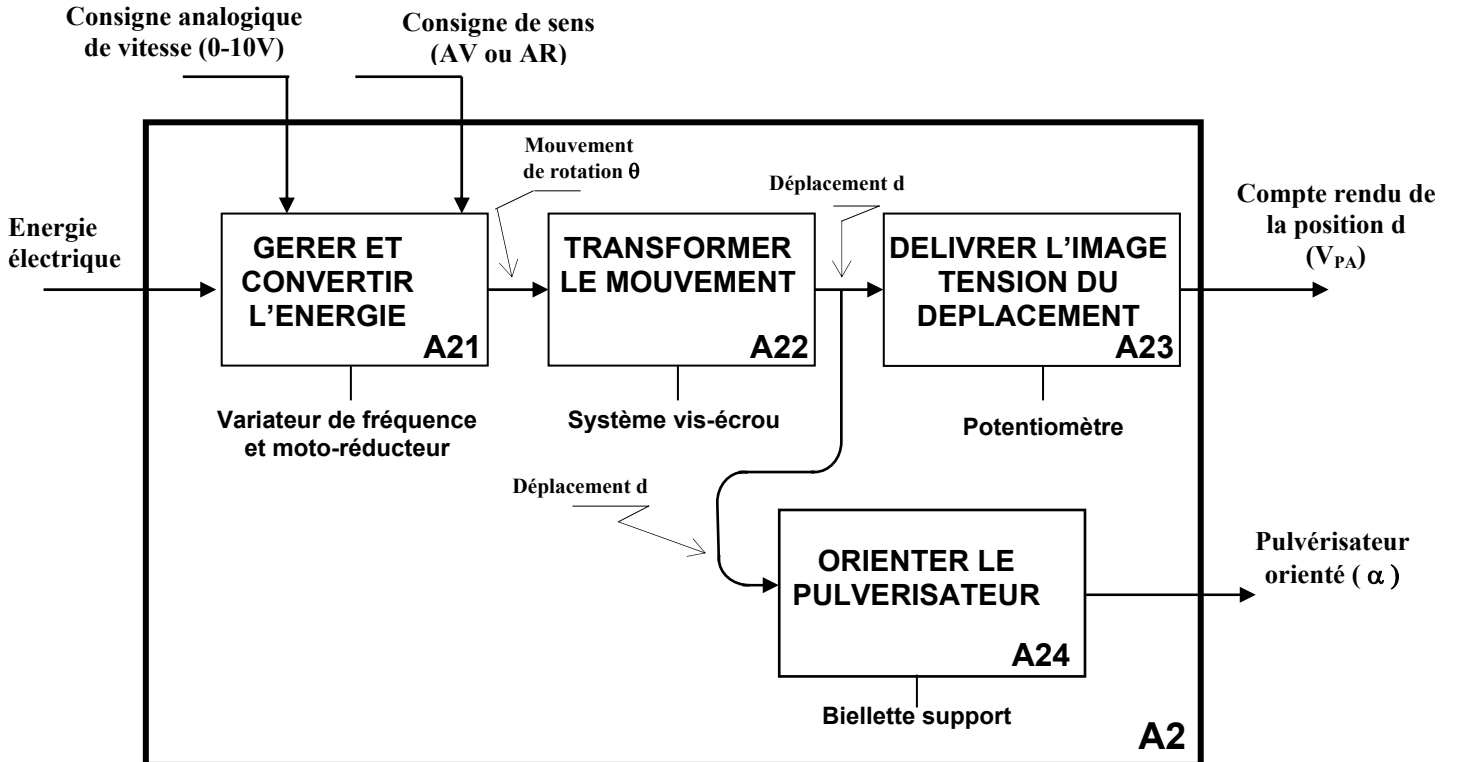


## PRESENTATION DU SYSTEME

### ACTIGRAMME A1 limité à la rotation $\alpha$ du pulvérisateur ( les déplacements selon X et Z ne sont pas détaillés).



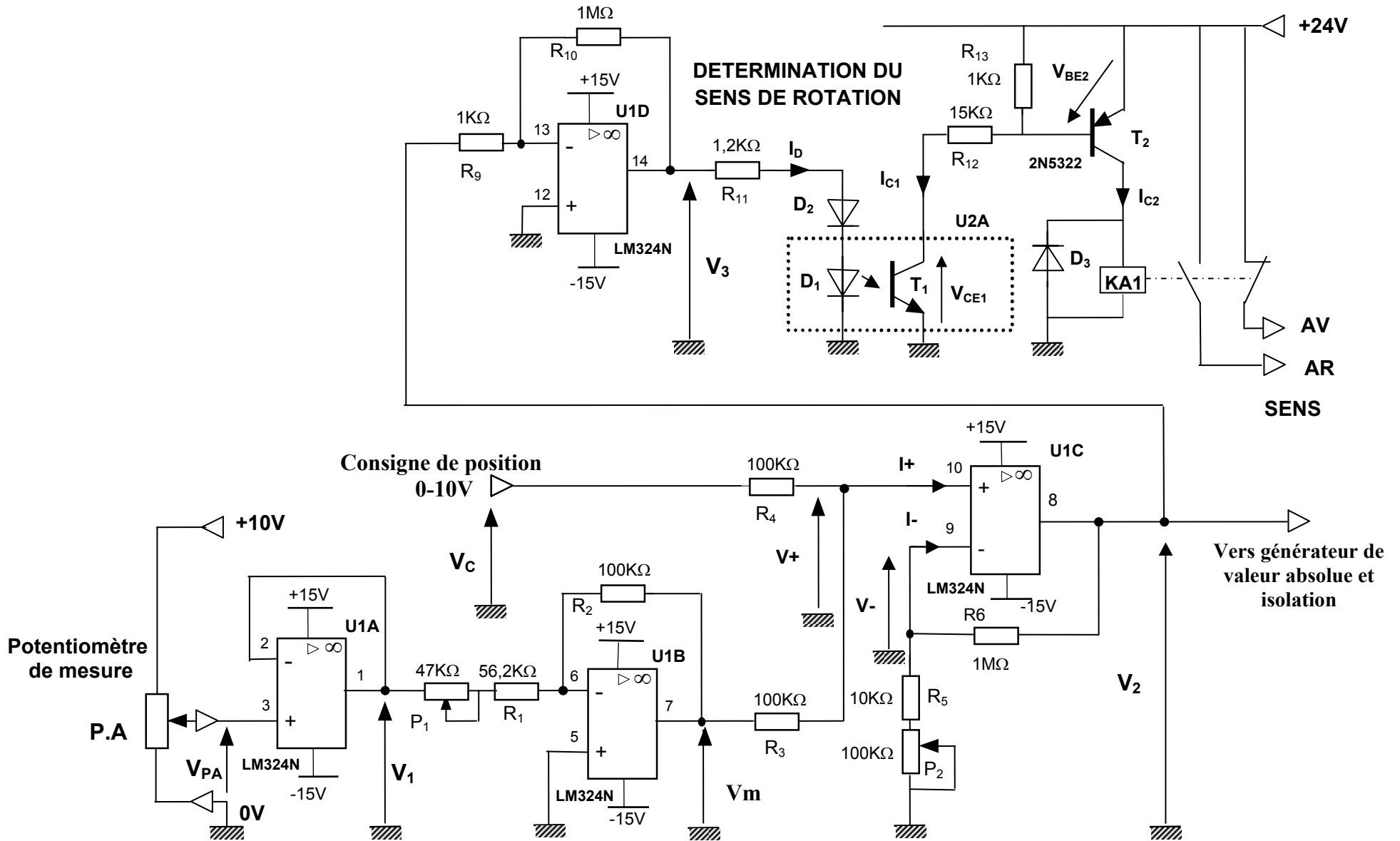
### ACTIGRAMME A2 limité à la rotation $\alpha$ du pulvérisateur ( les déplacements selon X et Z ne sont pas détaillés).



# PRESENTATION DU SYSTEME

## SCHEMA STRUCTUREL PARTIEL DE L'ASSERVISSEMENT DE POSITION ANGULAIRE DU PULVERISATEUR

5/13

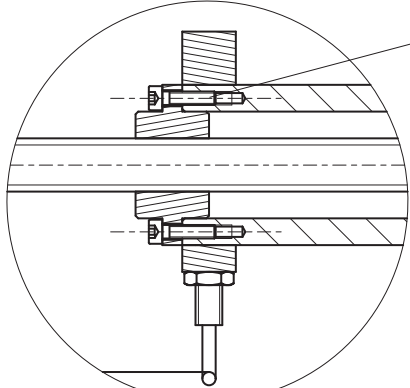


## PRESENTATION DU SYSTEME

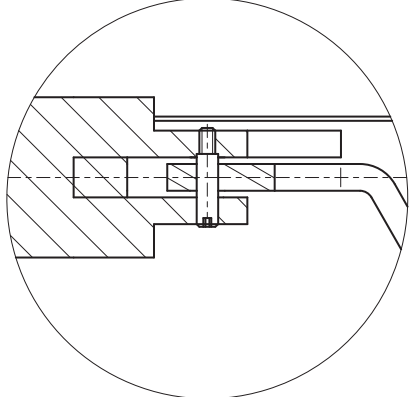
33	4	VIS C HC, M5-20		
32	2	BUSE DE PEINTURE		
31	1	SUPPORT DE POTENTIOMETRE	S235	
30	1	POTENTIOMETRE PA		
29	1	FIL DE TRACTION POTENTIOMETRE	60 Si Cr 7	
28	1	TIRE FIL	S235	
27	1	TUBE	AU-5 G	
26	1	CARTER AVANT	PVC P	
25	1	CHAPE	AU-5 G	
24	2	AXE	100 Cr 6	
23	1	ENTRETOISE	AU-5 G	
22	1	BRIDE AVANT	X 30 Cr 13	
21	1	PULVERISATEUR		
20	1	OBTURATEUR	PVC P	
19	1	BIELLETTE SUPPORT	AU-5 G	
18	1	AXE SUPERIEUR	100 Cr 6	
17	3	VIS H, M20-60		
16	1	CORPS DU POUSSEUR	100 Cr 6	
15	1	ECRAN SUPPORT	S 235	
14	1	VIS C HC, M4-25		
13	1	GUIDE	100 Cr 6	
12	1	BRIDE DU TIRE FIL	S235	
11	1	ECROU DU POUSSEUR	100 Cr 6	
10	1	VIS DU POUSSEUR	100 Cr 6	
9	1	CARTER SUPERIEUR	PVC P	
8	1	CARTER INFERIEUR	PVC P	
7	1	POUTRE	C35	
6	1	BRIDE SUPERIEURE	C35	
5	1	PLAQUE	C35	
4	1	FIXATION CARTER	S235	
3	1	CHAPE MOTEUR	S235	
2	1	SUPPORT MOTEUR	S235	
1	1	MOTOREDUCTEUR		
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
		<b>ROBOT DE PEINTURE</b>		
		<b>ENSEMBLE BOL DE PULVERISATION</b>		
		<b>NOMENCLATURE</b>		



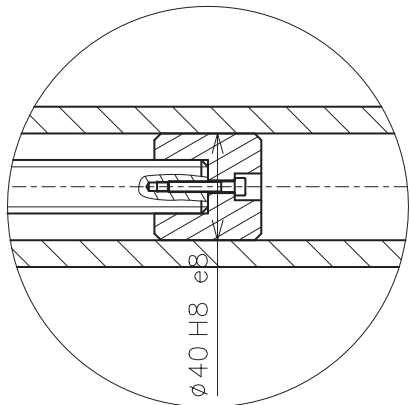
DETAIL A Echelle : 1 : 2



DETAIL B en coupe Echelle : 1 : 2



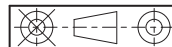
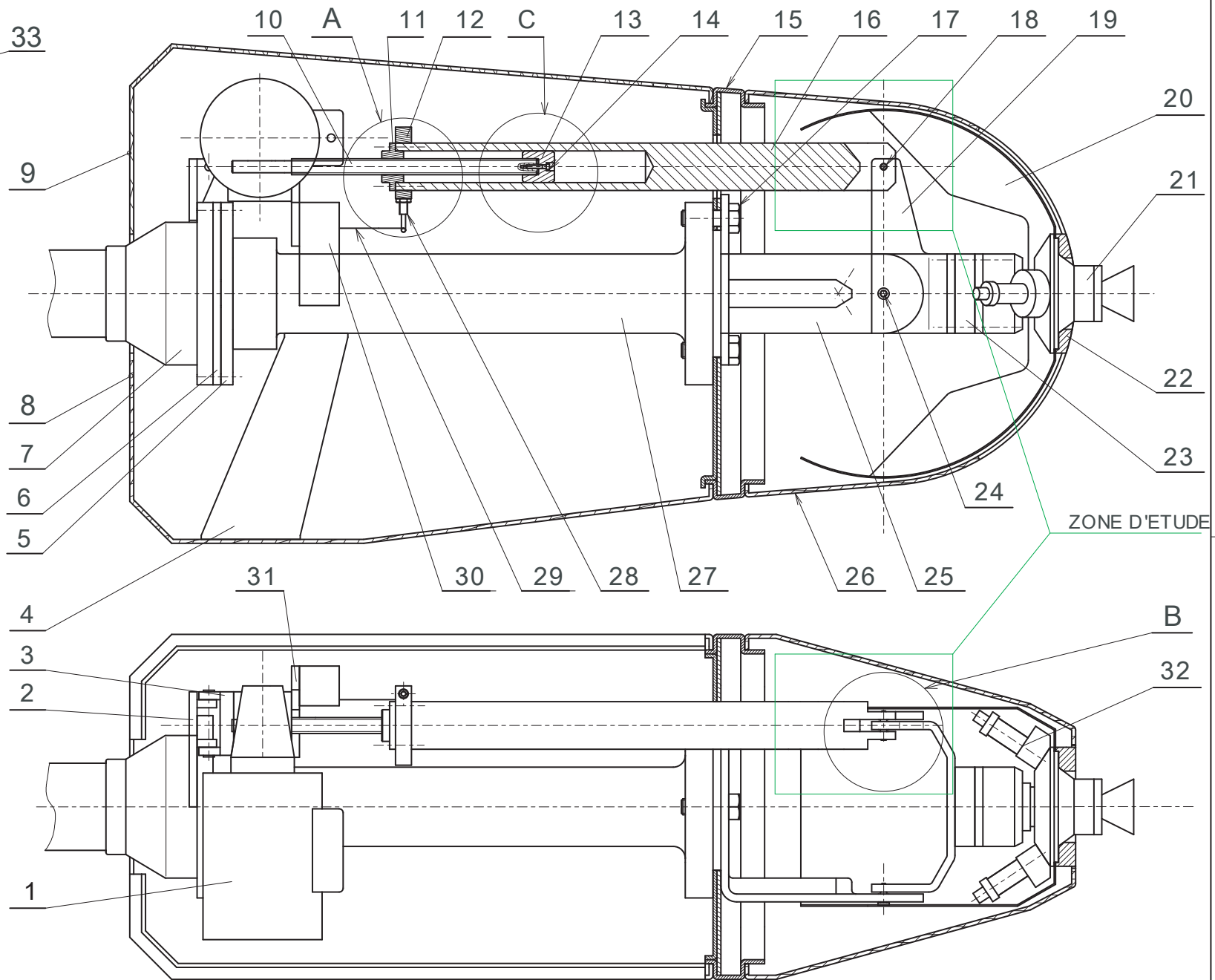
DETAIL C Echelle : 1 : 2



ø40 H8 e8

**ATTENTION**

Les carters ont été ouverts.  
 Dans la vue de face, seules les pièces 11,12,13,16 ont été coupées par leur plan de symétrie.



Format : A3  
 Ech. 2 : 10

ROBOT DE PEINTURE

ENSEMBLE BOL DE PULVERISATION page 7/13

Afin d'assurer une répartition uniforme de la peinture, il est impératif que la direction du jet de peinture soit constamment perpendiculaire à la surface à recouvrir.

Par conséquent, le pulvérisateur du système possède, outre ses mobilités en X et Z, une mobilité angulaire ( $\alpha$ ) lui permettant de répondre à la contrainte précédente.

La précision de la mobilité angulaire ( $\alpha$ ) du pulvérisateur est assurée grâce à l'utilisation d'un asservissement de position.

Dans cette optique, le questionnement abordera :

- |  |   |                                |
|--|---|--------------------------------|
| → La cinématique assurant les mobilités du pulvérisateur.  | } | <b>Analyse du système</b>      |
| → L'identification du profil de la cabine .  |   |                                |
| → L'organisation des structures électroniques réalisant l'asservissement de position.                            | } | <b>Calculs de vérification</b> |
| → Les risques d'imprécision non pris en compte par l'asservissement de position et les améliorations à apporter. |   |                                |

## ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE :

☞ Après lecture des documents de présentation du système, on demande :

### QUESTION 1 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Les exigences des clients d'un point de vue délai sont de plus en plus importantes et imposent une grande flexibilité des machines utilisées. Quel est le type de gestion de production qui est appliqué dans cette entreprise ?

☞ Les actigrammes de niveau A-0 et A0 de la machine latérale sont donnés page 3/13 :

### QUESTION 2 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Quelle est la fonction globale du système ?
- ✎ Quel est le support d'activité qui assure la partie commande du système ?
- ✎ Quelles sont les informations délivrées par la partie opérative à la partie commande ?

## ANALYSE DE LA PARTIE OPERATIVE :

☞ Pendant la phase de recouvrement, le pulvérisateur peut se déplacer en translation suivant les axes X et Z et en rotation d'un angle  $\alpha$  autour d'un axe parallèle à Y. Le déplacement en translation de la cabine suivant l'axe des Y est assuré par un système d'entraînement de la luge qui n'est pas à étudier.

Après avoir lu les documents de présentation du système, le schéma cinématique **page 2/13**, la nomenclature **page 6/13** et le dessin d'ensemble **page 7/13**, répondre aux questions suivantes :

## QUESTION 3 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Quel système de transformation de mouvement est utilisé pour déplacer le bol de pulvérisation suivant l'axe X ?
- ✎ Quel système de transformation de mouvement est utilisé pour déplacer le bol de pulvérisation suivant l'axe Z ?
- ✎ Quels systèmes de transformation de mouvement sont utilisés pour déplacer le pulvérisateur d'un angle  $\alpha$  ?

## QUESTION 4 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Ecrire les repères des pièces qui permettent la transmission de l'énergie du moto-réducteur 1 vers le pulvérisateur 21 pour l'obtention d'un déplacement d'un angle  $\alpha$ .

## QUESTION 5 (répondre sur le document réponse 2)

- ✎ Compléter le schéma cinématique du système de déplacement d'un angle  $\alpha$  du pulvérisateur.

## ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE :

☞ Chaque luge métallique comporte 12 dents sur le côté gauche pour la synchronisation et peut comporter jusqu'à 12 dents sur le côté droit pour traduire l'information. Les dents n°1 signalent le début de la luge et les dents n°12 la fin de la luge. Ces dents ne participent donc pas à l'information.

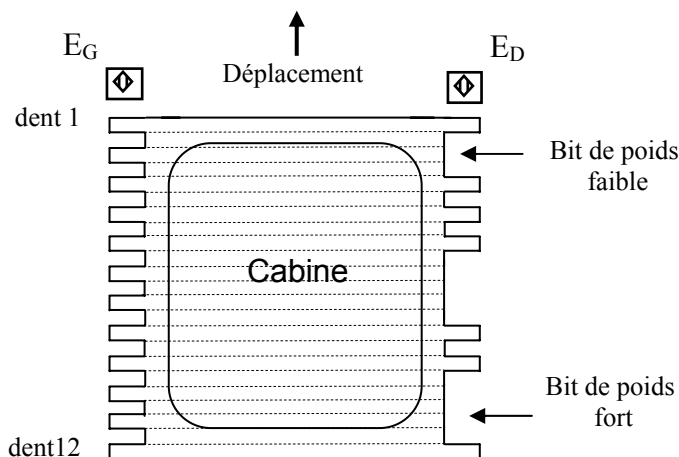
On propose d'analyser la méthode de transmission des données de la luge à l'automate :

## QUESTION 6 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Quel est le format (nombre de bits) de l'information inscrite sur la luge ?  
En déduire le nombre de cabines différentes que l'on peut identifier ?

## QUESTION 7 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Sachant que la présence d'une dent se traduit par un « 1 logique », et son absence par un « 0 logique », déterminer la valeur de l'information délivrée par la luge ci-dessous. Donner la valeur en binaire naturel, en hexadécimal et en décimal.



$E_G$	$E_D$	S1	
0	0	0	Absence de la luge ou position entre 2 dents
0	1	0	Cas impossible
1	0	0	Absence de la dent de droite : ne pas incrémenter M100
1	1	1	Présence des 2 dents incrémenter M100

☞ Les détecteurs de proximité inductifs (DPI)  $E_G$  et  $E_D$  permettent de détecter la présence ou l'absence de dents sur les deux côtés de la luge. Ces DPI sont alignés, ainsi que les dents de même rang.

Soit  $S_1$  la sortie d'une fonction logique dont les entrées sont  $E_G$  et  $E_D$ .

### QUESTION 8 (répondre sur feuille de copie)

- ✎ Etablir l'équation logique entre  $S_1$ ,  $E_G$  et  $E_D$ .
- ✎  $E_G$  et  $E_D$  sont des détecteurs de proximité inductif. Connaissant la nature du matériau constituant les dents de la luge, justifier le choix de ce type de détecteur.

☞ L'automate tête de ligne interprète l'information donnée par la luge au fur et à mesure de son déplacement.

Le grafctet « lecture code luge » permet de stocker le code de la luge dans le mot M100 de la mémoire de l'A.P.I. Ce mot est initialisé à 0 lors de la détection de la première dent. Le compteur C1 est incrémenté à chaque passage d'une dent devant le détecteur  $E_G$ . Le contenu du compteur C1 est utilisé pour connaître le poids binaire de la dent lue par  $E_D$ . Le premier bit commençant à  $2^0$ , la relation sera  $2^{C_1 - 1}$ . Lorsque le nombre correct de dents a été lu, le code est contenu dans M100. L'évacuation de la luge est détectée sur la dernière dent, le grafctet « lecture code luge » est alors remis à l'étape initiale.

### QUESTION 9 (répondre sur le document réponse 1)

- ✎ Compléter sur le document réponse 1, le grafctet « lecture code luge »

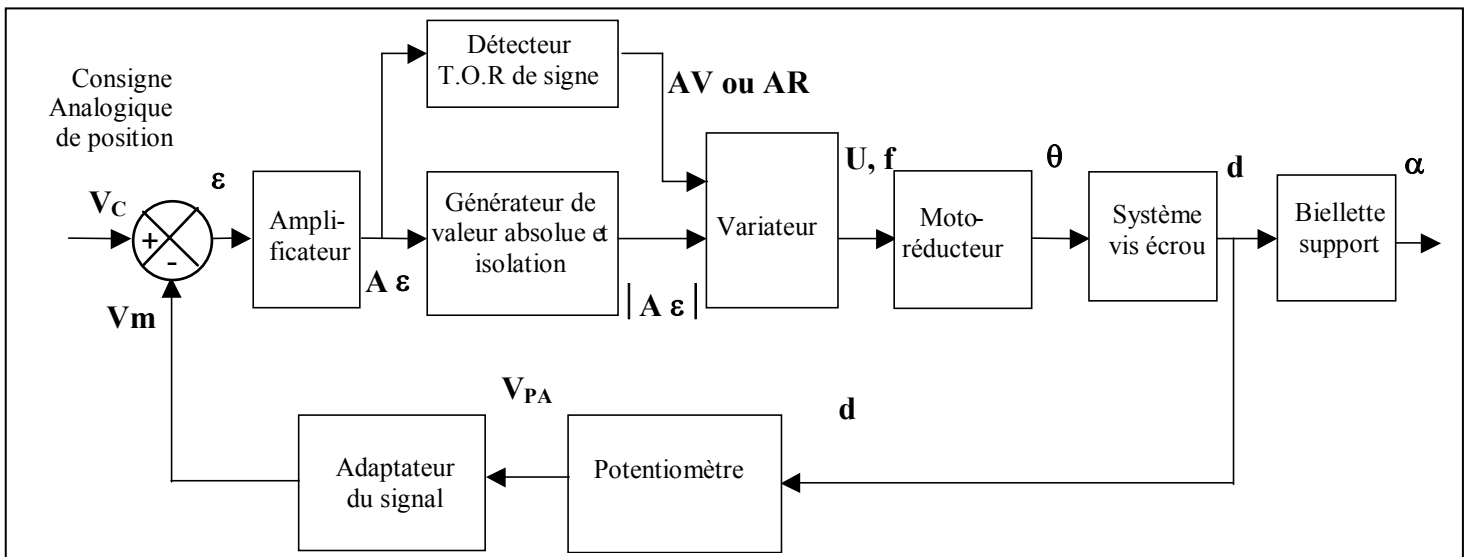
## ASSERVISSEMENT DU MOUVEMENT DE ROTATION DU PULVERISATEUR

☞ Chaque mouvement du robot de peinture est contrôlé par un module positionneur qui assure l'asservissement de position ( voir actigrammes A1 et A2 page 4/13)

L'automate programmable calcule la consigne de position en fonction du profil de la cabine et de la progression du convoyeur. Le module positionneur élabore une consigne de vitesse qu'il délivre au variateur de vitesse. Celui-ci délivre l'énergie au moteur asynchrone triphasé assurant le mouvement.

Un potentiomètre dont le curseur est lié mécaniquement au mouvement délivre une tension image de la position . **Cette tension est égale à 0V pour la valeur minimale de la grandeur de sortie et à 10V pour la valeur maximale.**

Le schéma fonctionnel de l'asservissement est le suivant :



On propose de justifier la nécessité d'un asservissement de position.

### QUESTION 10 (répondre sur feuille de copie)

☞ Pourquoi peut-on parler de « système asservi » ?

**Donner la nature et le nom de la grandeur d'entrée, de la grandeur de sortie et de l'image de la grandeur de sortie. Préciser les valeurs extrêmes de chacune de ces grandeurs.**

☞ Pourquoi le bon fonctionnement du pulvérisateur nécessite-t-il un asservissement angulaire ?

## CALCULS DE VERIFICATION

☞ Le schéma structurel partiel de l'asservissement de position du pulvérisateur est donné à la page 5/13.

Les amplificateurs opérationnels seront considérés parfaits : amplification en boucle ouverte et résistance d'entrée infinie, courants d'entrée  $I^+$  et  $I^-$  nuls, tension différentielle  $((V^+) - (V^-))$  nulle.

On propose de vérifier que le schéma structurel de l'asservissement rempli bien les différentes fonctions du schéma fonctionnel (page 11/13) .

### QUESTION 11 (répondre sur feuille de copie)

✍ Etablir la relation entre les tensions  $V_1$  et  $V_{PA}$  puis la relation entre  $V_m$  et  $V_1$ . En déduire la relation entre  $V_m$  et  $V_{PA}$ . Effectuer l'application numérique pour  $P1 = 43,8 \text{ k}\Omega$ .

✍ Quel est le bloc fonctionnel correspondant à :  $U1A$ ,  $U1B$ ,  $P1$ ,  $R1$  et  $R2$  dans le schéma fonctionnel de l'asservissement (page 11/13) ?

☞ Sachant que  $R3 = R4 = 100\text{k}\Omega$

### QUESTION 12 (répondre sur feuille de copie)

✍ Montrer que la différence de potentiel  $V_+$ , entre l'entrée non inverseuse de  $U1C$  et le  $0V$ , obéit à la relation :

$$V_+ = \frac{V_c + V_m}{2}$$

☞ La différence de potentiel  $V_-$ , entre l'entrée inverseuse de  $U1C$  et le  $0V$ , répond à la relation :

$$V_- = \frac{V_2 \times (R_5 + P_2)}{R_5 + R_6 + P_2}$$

### QUESTION 13 (répondre sur feuille de copie)

✍ En déduire la relation entre  $V_2$  et  $(V_c + V_m)$ .

✍ Ecrire la relation entre  $V_2$ ,  $V_c$  et  $V_{PA}$  lorsque  $V_m = -V_{PA}$

✍ En déduire quel est le bloc fonctionnel qui correspond à  $U1C$ ,  $R3$ ,  $R4$ ,  $P2$ ,  $R5$  et  $R6$  dans le schéma fonctionnel de l'asservissement (page 11/13) ? Quelle grandeur représente  $V_2$  ?

☞ Sachant que dans tous les cas  $|V_2| > 20\text{mV}$

### QUESTION 14 (répondre sur le document réponse 1)

✍ Compléter le tableau de détection du sens sur le document réponse n°1.

## PRESENTATION DU PROBLEME

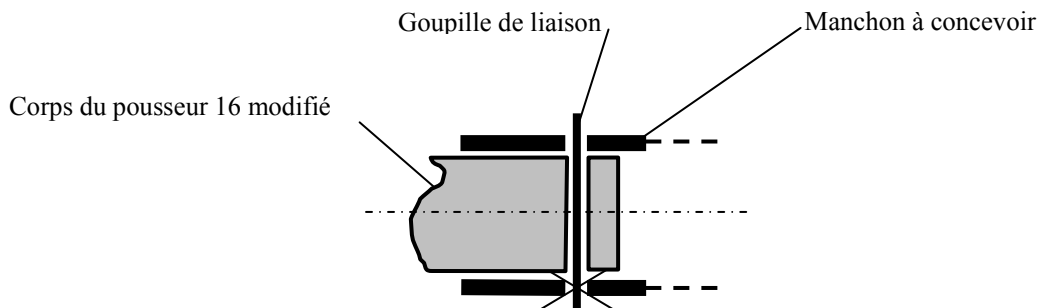
☞ Après plusieurs mois de fonctionnement, le service de maintenance a constaté une usure anormale au niveau des liaisons pivot entre le corps du pousseur 16 et la biellette support 19 ainsi qu'entre la chape 25 et la biellette support 19 générant un mauvais positionnement du pulvérisateur non corrigé par l'asservissement.

**Objectif :** Modifier la conception pour remédier à ce problème.

Le bureau d'étude décide de définir le cahier des charges suivant :

- interposer des paliers lisses ou coussinets autolubrifiants dans les liaisons pivots.
- adapter un manchon démontable à l'extrémité du corps du pousseur.

Le bureau d'étude propose pour la liaison entre le corps du pousseur 16 et le manchon démontable la solution suivante :



### QUESTION 15 (répondre sur le document réponse 2)

☞ Sur le document réponse n°2, représenter le montage respectant ce nouveau cahier des charges.

On définira en particulier sur les deux vues proposées à l'échelle (1:1) :

- la liaison encastrement démontable entre le manchon qu'il vous faut concevoir et le corps du pousseur 16 dont l'extrémité est définie sur le document réponse n°2.
- la liaison pivot d'axe y entre le manchon démontable et la biellette support 19. (voir détail B page 7/13).

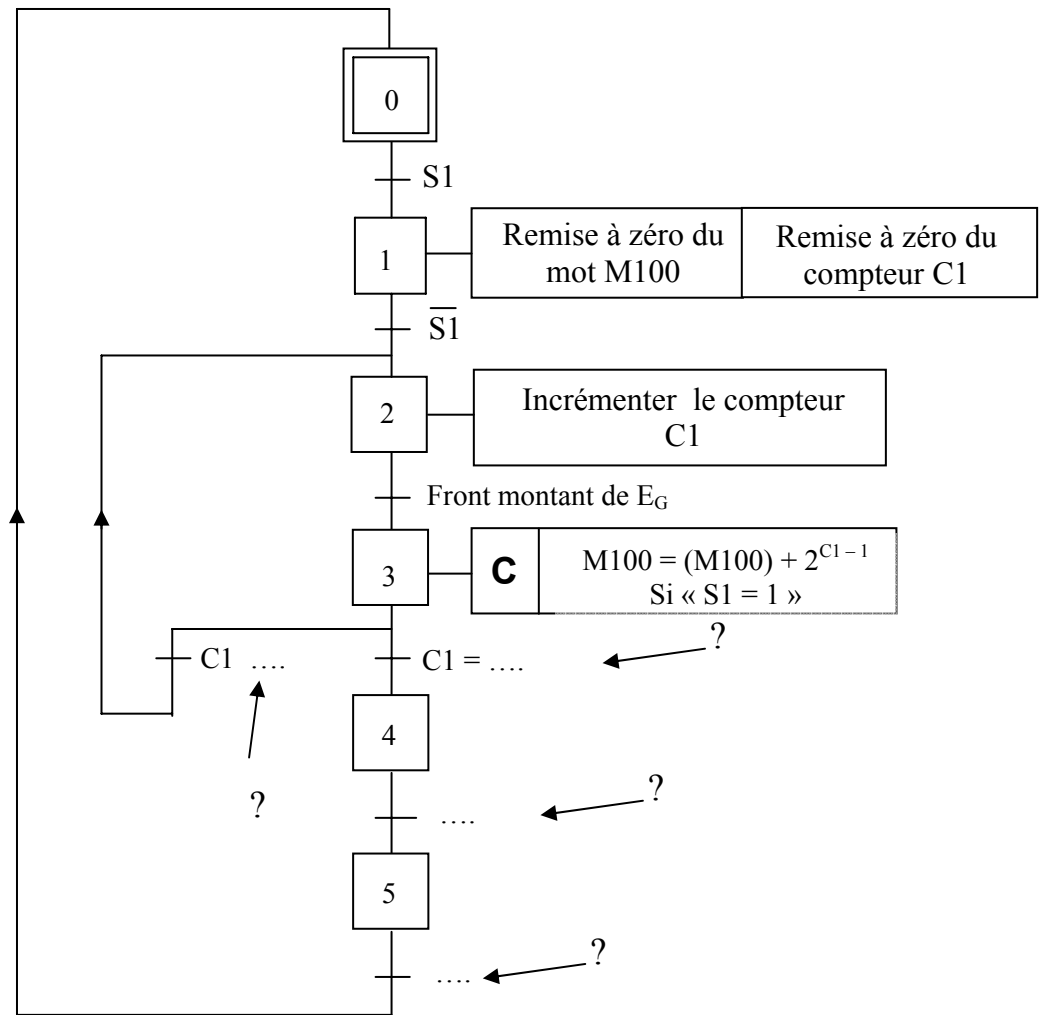
Les parties sollicitées de l'axe supérieur 18 auront un diamètre minimum de 8 mm.  
Une représentation à main levée en respectant les proportions sera acceptée.

### QUESTION 16 (répondre sur le document réponse 2)

☞ Sur le document réponse n°2, compléter la représentation en perspective et en coupe horizontale du manchon seul.

Question n°9 (page 10/13)

Grafcet « lecture code luge »

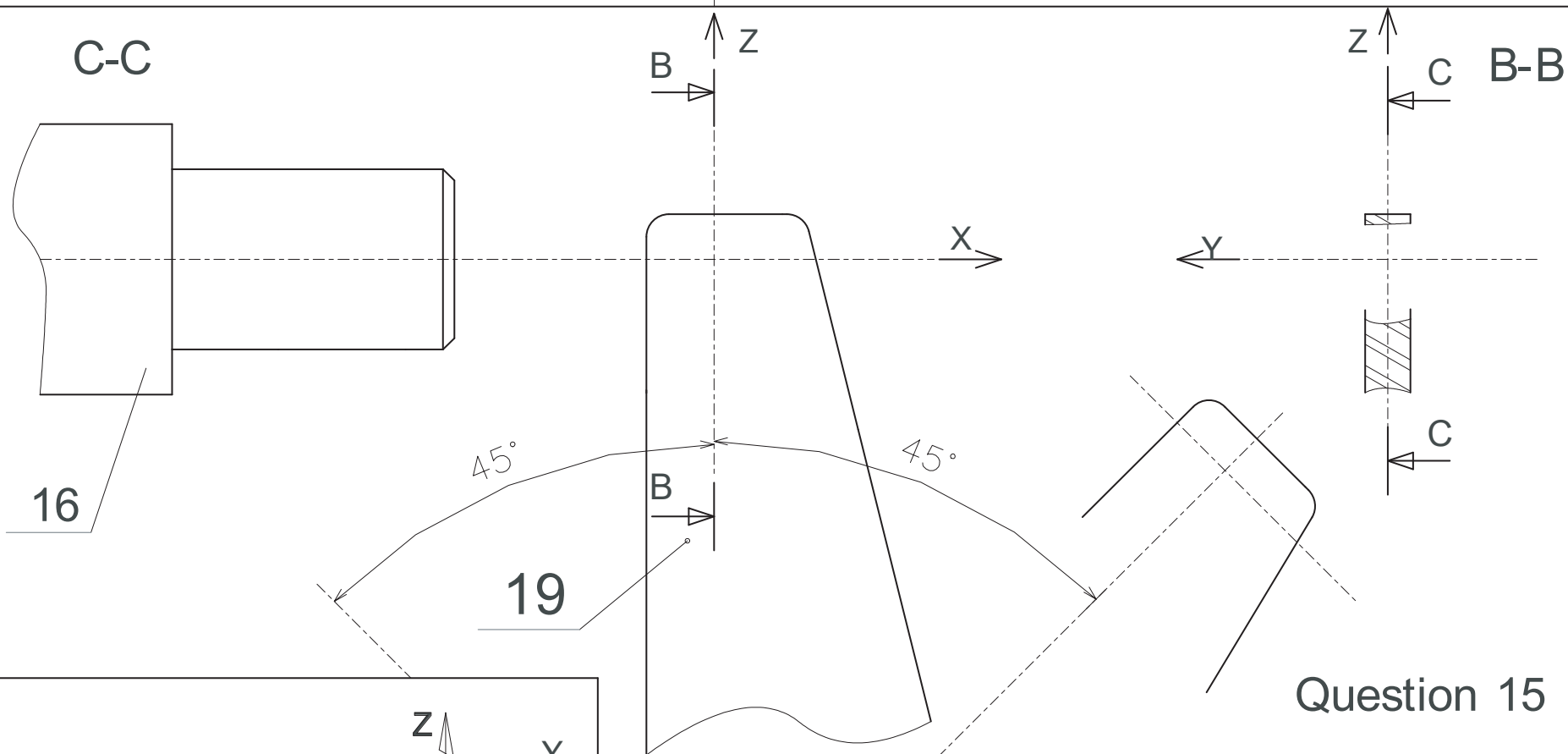


Remarque : la lettre C (étape 3) est un symbole qui signifie que l'action est conditionnée.

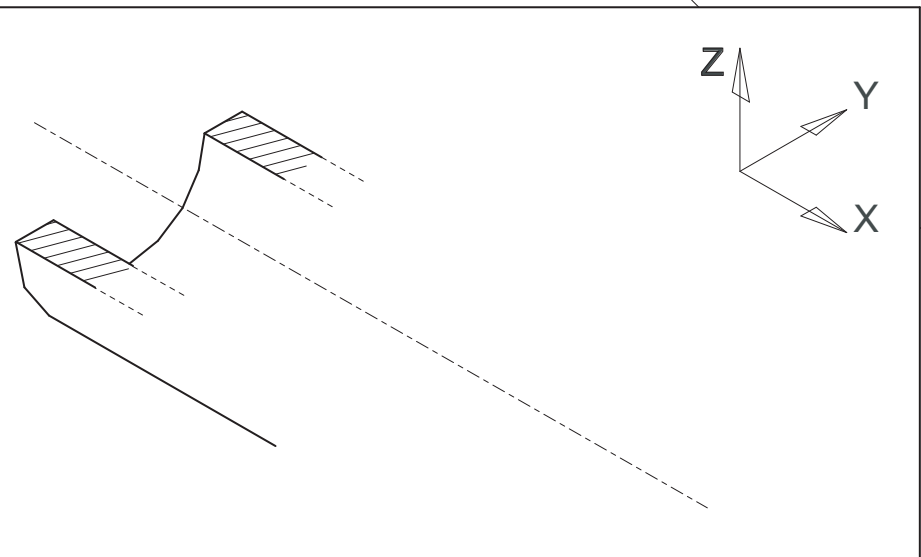
Question n°14 (page 11/13) : détection du sens de rotation

	V3 (+15V) ou (-15V)	Etat de D1 (passante) ou (bloquée)	Etat de T1 (saturé) ou (bloqué)	Etat de T2 (saturé) ou (bloqué)	Etat de KA1 (activé) ou (désactivé)	Sens (AV) ou (AR)
V2 > 20mV	-15V					
V2 < - 20mV	+15V					

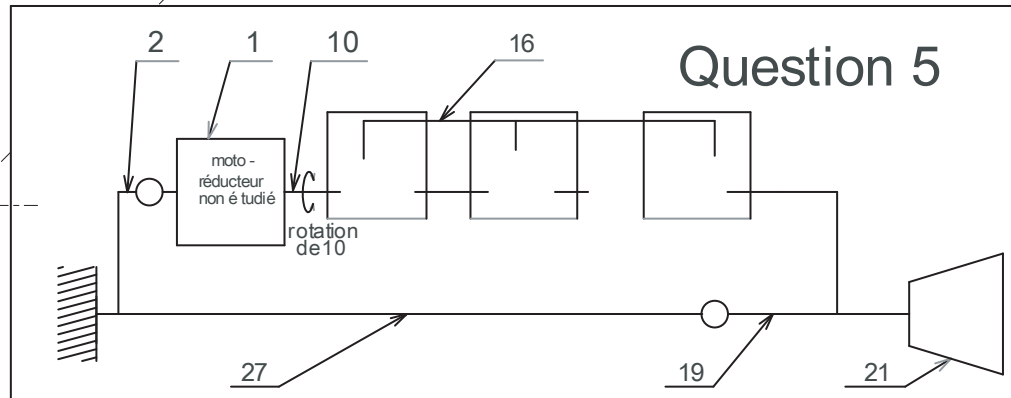




Question 15



Question 16



Question 5