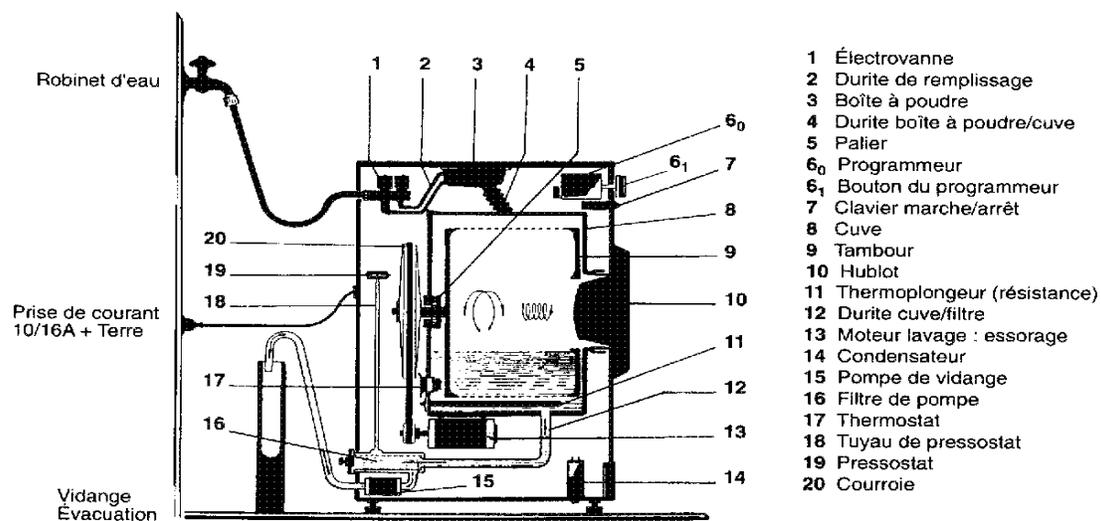


HAMDI HOCINE

AUTOMATISMES LOGIQUES
modélisation et commande

VOLUME 2
exercices corrigés

2^e édition revue et augmentée



Machine à laver à chargement frontal. Principaux éléments (doc. MERENTIER)

Les éditions de l'université Mentouri-Constantine

- AUTOMATISMES LOGIQUES : modélisation et commande -

VOLUME 2 : EXERCICES CORRIGES

- 2° édition revue et augmentée -

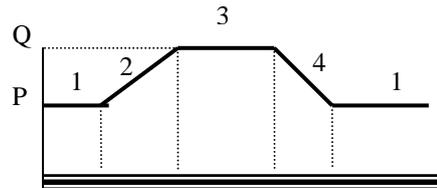
<u>SOMMAIRE</u>	<u>PAGE</u>
PARTIE I: DIMENSIONNEMENT DE VERINS ELECTROPNEUMATIQUES ET UTILISATION DES DISTRIBUTEURS	1
PARTIE II: MODELISATION D'AUTOMATISMES PAR GRAFCET	19
PARTIE III: COMMANDE PAR SEQUENCEURS ELECTRIQUES Annexe: compléments sur le câblage des séquenceurs électriques	66
PARTIE IV: COMMANDE PAR API	82
PARTIE V: MODELISATION D'AUTOMATISMES PAR RDP	98
PARTIE VI: MODELISATION GEOMETRIQUE DE ROBOTS	114
PARTIE VII: COMMANDE DE MACHINES ASYNCHRONES : MODES SEMI-AUTOMATIQUE ET AUTOMATIQUE	138

- PARTIE I -
DIMENSIONNEMENT DE VERINS PNEUMATIQUES
ET UTILISATION DES DISTRIBUTEURS ELECTROPNEUMATIQUES

<u>SOMMAIRE</u>	<u>PAGE</u>
<i>Exercice 1.1</i> : fonctionnement des distributeurs monostables et bistables	1
<i>Exercice 1.2</i> : calcul des paramètres de vérins simple effet et double effet	3
<i>Exercices 1.3 & 1.4</i> : fonctionnement logique de dispositifs à base de cellules et distributeurs pneumatiques	5
<i>Exercices 1.5 & 1.6</i> : dimensionnement de vérins simple et double effet	7
<i>Exercice 1.7</i> : chronogramme d'une installation à base de vérin double tige et distributeurs 3/2	11
<i>Exercice 1.8</i> : dimensionnement de vérins simple et double effet	12
<i>Exercice 1.9</i> : choix de vérins et de leurs distributeurs pour réaliser un cycle cubique	15
Exercice 1.10: interrogation écrite "actionneurs" du 9 mai 2018 (Licence automatique, L3, module actionneurs)	24
Exercice 1.11: controle "actionneurs" du 14 juin 2018	26
Exercice 1.12: contrôle de rattrapage "actionneurs" du 23 juin 2018	28

Exercice 1.1 (pour le dessin et la schématisation, on utilisera un distributeur à tiroirs)

Un vérin commandé par un électro distributeur doit effectuer un aller-retour complet (extrémités des fins de course P et Q) décomposé en cinq phases, selon le diagramme donné par la figure. Dans chacun des 4 cas exposés au paragraphe III-3 du chapitre 3 (distributeur monostable 3/2, bistable 5/2, monostable 5/2, monostable 5/3), donner le diagramme des phases, c'est à dire donner dans chaque cas les signaux de commande nécessaires sur les bobines (A0, A1), B, C, (D1, D2) pour réaliser dans l'ordre les 5 phases du dessin intitulées 1, 2, 3, 4, 1.

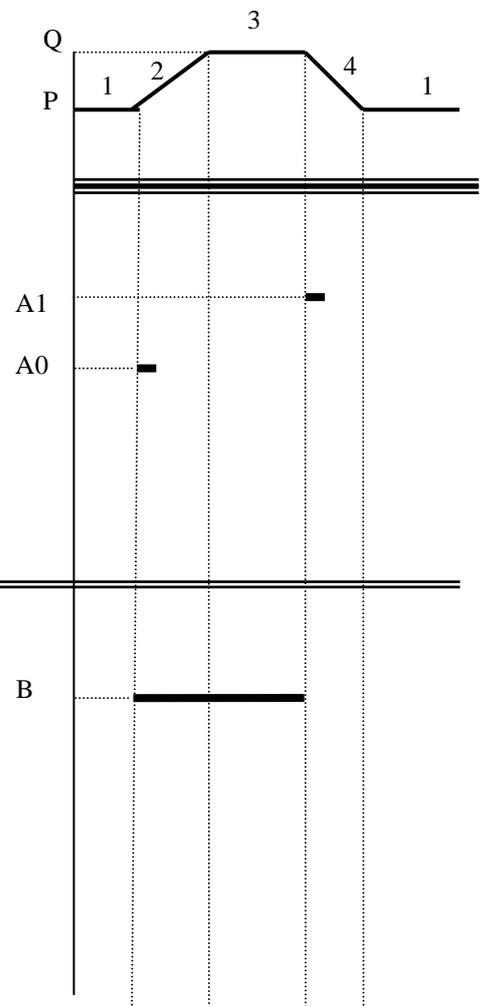
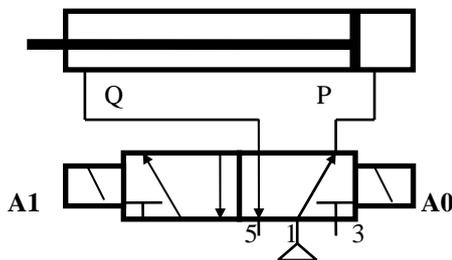


Principe

Diagramme des phases

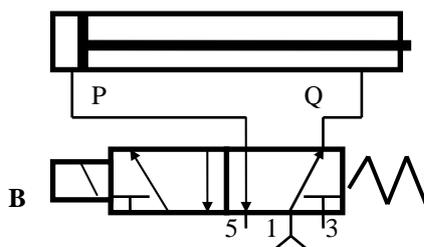
Cas a

- *Vérin double effet.
- *Distributeur 5/2 bistable à 4 voies, à double pilotage, commandé par 2 bobines A0 et A1.
- *Même une impulsion sur A0 provoque le changement d'état du distributeur, et l'enchaînement des étapes 2 et 3.
- *Une simple impulsion sur A1 provoque le retour du vérin aux conditions initiales (passage par les phases 4 puis 1).



Cas b

- *Vérin double effet.
- *Distributeur 5/2 monostable à 4 voies, commandé par une bobine B et un ressort de rappel.
- *Pour le déplacement du vérin, le maintien de B est nécessaire. Dès la suppression de B, le tiroir du distributeur revient à sa position initiale, de même que le vérin.



Principe

Cas c

- *Vérin simple effet et ressort de rappel.
- *Distributeur 3/2, 2voies, commandé par une électrovanne (bobine C) et un ressort de rappel.
- *Même principe de fonctionnement que dans le cas b.

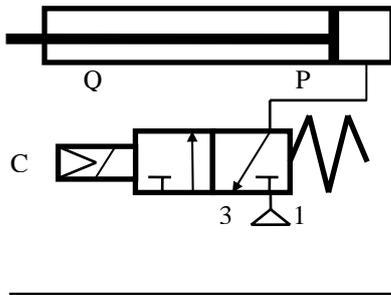
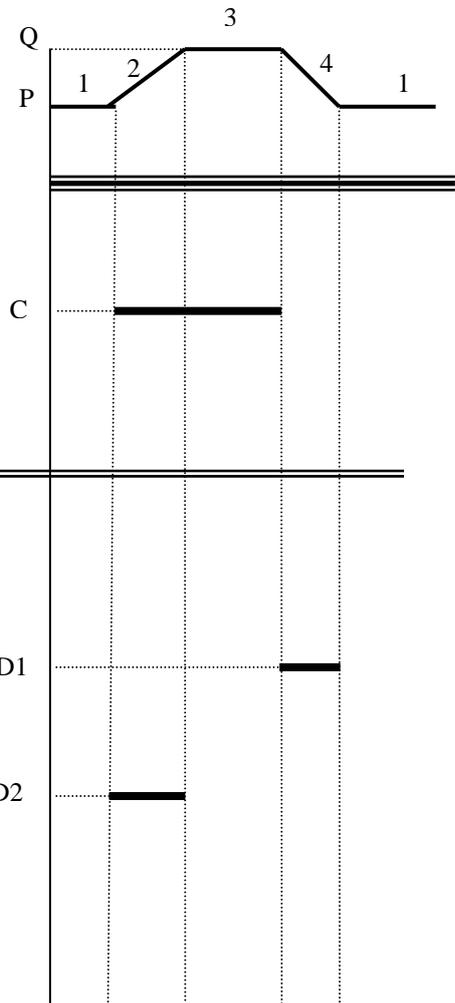
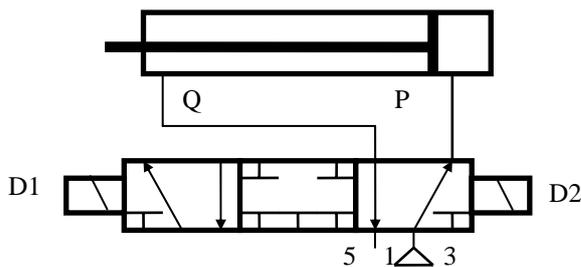


Diagramme des phases



Cas d

- *Vérin double effet.
- *Distributeur 5/3 monostable, 4 voies, avec **point milieu bloqué**; commandé par 2 bobines et deux ressorts de centrage.
- *Dès la disparition du signal de commande, le tiroir du distributeur revient à la position médiane stable, et le vérin commandé reste figé dans la position à laquelle il est arrivé.
- *Le maintien de la commande des bobines pour les phases 3 et 1 est inutile car le point milieu est bloqué.
- *On aurait obtenu exactement le même résultat en remplaçant ce distributeur 5/3 par 2 distributeurs 3/2 monostables, et en rajoutant deux bloqueurs sur le vérin.



Exercice 1.2

Un chariot déplace des pièces entre 2 positions A et B distantes de 1 mètre. Le chariot est poussé par un vérin double effet VD. Il est alimenté en pièces par un vérin simple effet VT. La masse à vide du chariot est de 110kg et celle des pièces est de 70kg.

Le diamètre de la tige du vérin double effet est de 40mm, et la longueur de la tige du vérin simple effet est de 50cm, alors que la force de rappel de son ressort est de 200N. Sachant que la pression de travail est de 3.14 bars, le taux de charge de 0,5, et que les vérins travaillent à une cadence de 1 aller/retour toutes les 6 secondes, calculer:

- 1°) Les diamètres des pistons des vérins simple effet et double effet.
- 2°) Les forces développées par les deux vérins en sortant et en rentrant.
- 3°) Le volume d'air consommé par minute par chaque vérin en sortant et en rentrant.
- 4°) Le volume d'air global consommé par minute.

Diamètre (en mm)	40	65	70	80	100	120	125	140	150
Consommation (en l/cm) (pour pression de travail de 3,14 bars)	0.04	0.1	0.125	0.16	0.24	0.3	0.4	0.5	0.6

Solution**1° -a- Vérin simple effet**

$$F_{utile} = 70 \times 10 = 700N$$

$$F_{théorique} = F_{ut}/T = 700/0.5 = 1400N$$

$$F_{th} = P \times S - F_{ress} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{ress} \Rightarrow D^2 = 4 (F_{th} + F_{ress}) / P \times \pi$$

$$P = 3.14 \text{ bars} = 0.314 \text{ N/mm}^2$$

$$D^2 = 4 \times 1600 \Rightarrow D = 2 \times 40 = 80 \text{ mm.}$$

-b- Vérin double effet

$$F_{ut} = (110+70) \times 10 = 1800N \Rightarrow F_{th} = F_{ut}/T = 1800/0.5 = 3600N$$

$$F_{th} = P \times S = P \times \pi \times D^2 / 4 \Rightarrow D^2 = 4 F_{th} / P \times \pi = 4 \times 3600 \Rightarrow D = 120 \text{ mm}$$

2° -a- Vérin simple effet

$$\text{en sortant : } F_{th} = 1400 \text{ N}$$

$$\text{en rentrant : } F_{rent} = F_{ress} = 200 \text{ N}$$

-b- Vérin double effet

$$\text{en sortant : } F_{th} = 3600 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{en rentrant : } F_{rent} &= P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) = P \times \pi / 4 (D^2 - d^2) \\ &= 1/4 (4 \times 3600 - 1600) = 1/4 \times 4 (3600 - 400) = 3200 \text{ N} \end{aligned}$$

3° -a- Vérin simple effet

$$D = 80\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.16 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{sortie}} = C \times L \text{ (Course)} = 0.16 \text{ l/cm} \times 50 \text{ cm} = 8 \text{ litres.}$$

$V_{\text{rentrée}} = 0$ car vérin simple effet et retour par ressort de rappel.

$$V_{\text{total}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 8 \text{ l}$$

Cadence 1 aller/retour en 6 secondes \Rightarrow 10 allers/retours en 1 minute.

$$V_{\text{tot/min}} = 8 \times 10 = 80 \text{ litres.}$$

-b- Vérin double effet

$$D = 120\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.3 \text{ l/cm}$$

$$\phi_{\text{tige}} = 40\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation tige } c = 0.04 \text{ l/cm}$$

1° méthode

$$V_{\text{sort}} = C \times L = 0.3 \times 100 = 30 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tige}} = c \times L = 0.04 \times 100 = 4 \text{ litres}$$

$$V_{\text{rent}} = V_{\text{sort}} - V_{\text{tige}} = 30 \text{ l} - 4 \text{ l} = 26 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 30 \text{ l} + 26 \text{ l} = 56 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 56 \times 10 = 560 \text{ litres.}$$

2° méthode

$$C_{\text{sort}} = C = 0.3 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{rent}} = C_{\text{sort}} - C_{\text{tige}} = C - c = 0.3 \text{ l/cm} - 0.04 \text{ l/cm} = 0.26 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{sort}} + C_{\text{rent}} = 0.56 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} \times L = 0.56 \times 100 = 56 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 56 \times 10 = 560 \text{ litres.}$$

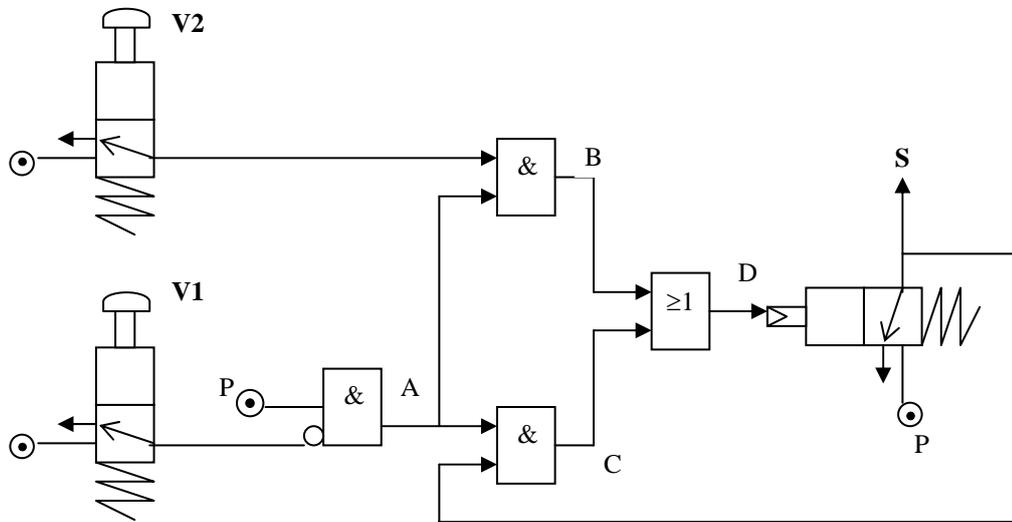
4° Volume global horaire

$$V_{\text{global/min}} = V_{\text{simple effet}} + V_{\text{double effet}} = 80 + 560 = 640 \text{ litres}$$

$$V_{\text{horaire}} = V_{\text{min}} \times 60 = 640 \times 60 = 38400 \text{ litres} = 38.4 \text{ mètres cubes.}$$

Exercice 1.3

Considérons le schéma de câblage indiqué par la figure, et constitué de distributeurs 3/2 et de cellules pneumatiques.



1° Donner l'expression de S en fonction de V1, V2, et P.

2° Remplir la table de vérité en considérant que les ordres V1 et V2 sont donnés dans l'ordre indiqué sur la table.

V1	V2	S
0	0	
0	1	
0	0	
1	0	
0	0	

Solution exercice 1.3

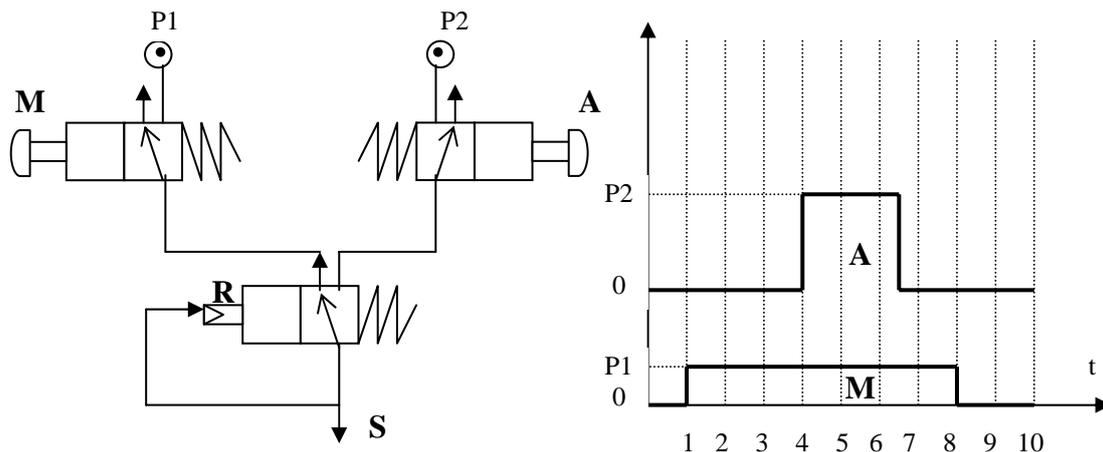
$$\left. \begin{aligned}
 A &= \bar{V1} \\
 B &= V2 \cdot V1 \\
 C &= S(t - \Delta t) \cdot V1
 \end{aligned} \right\} \rightarrow D = B + C = \bar{V1} \cdot (V2 + S(t - \Delta t))$$

$$S = D \cdot p = \bar{V1} \cdot (V2 + S(t - \Delta t)) \cdot p$$

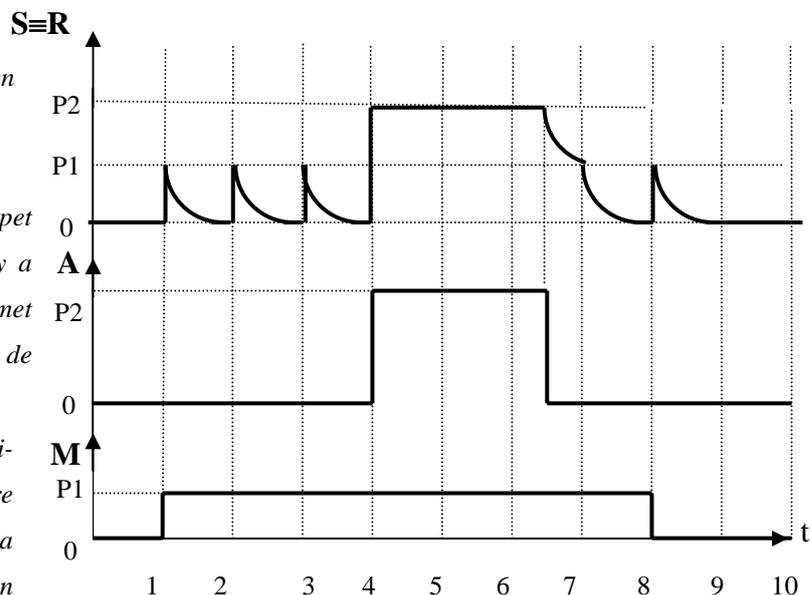
V1	V2	S
0	0	0
0	1	p
0	0	p
1	0	0
0	0	0

Exercice 1.4

Considérons le schéma suivant de câblage de distributeurs. Si on suppose que $P2 > P1$, et que les commandes des distributeurs A, M et R mettent instantanément les clapets en position admission, alors que les ressorts de rappel sont mous et ramènent progressivement les clapets en position échappement, remplir le chronogramme suivant correspondant au diagramme des phases de la sortie S.

**Solution exercice 1.4**

- Si A est activé au moment où le clapet du distributeur de sortie (S) est en position admission \rightarrow immédiatement $S=P2$
- Si A est activé au moment où le clapet est en position échappement \rightarrow il n'y a aucun retard car dans l'énoncé R met instantanément le clapet en position de sortie, donc $M \rightarrow R=I \rightarrow S=P2$
- Si le clapet est entre les deux positions,, càd qu'il est en train d'être ramené par le ressort de rappel de la position admission à la position échappement \rightarrow il y aura un retard \rightarrow S revient d'abord à zéro puis $S=P1$.



Exercice 1.5

On veut déplacer une charge nécessitant une force de 2400 N, à l'aide d'un vérin simple effet, ayant une force de rappel de 100 N, et utilisé sous une pression de 3,14 bars.

1°- Quel doit être le diamètre du piston, si le vérin est utilisé avec un taux de charge de 0.5 ?

2°- Si la course du piston est de 800mm et que sa tige a un diamètre de 40mm, calculer la consommation en l/mn du vérin, pour une cadence de 1 aller-retour toutes les 6 secondes.

3°- Si on utilise à la même pression et dans les mêmes conditions, un vérin double effet ayant les mêmes caractéristiques physiques que le vérin simple effet, calculer

-a- la force théorique exercée par le vérin en rentrant

-b- la consommation en l/mn du vérin

Diamètre (en mm)	40	65	70	80	100	120	125	140	150
Consommation (en l/cm) (pour pression de travail de 3,14 bars)	0.04	0.1	0.125	0.16	0.24	0.3	0.4	0.5	0.6

Solution exercice1.5

-1°-

Futile = 2400N

Fthéorique = Fut/T = 2400/0.5 = 4800N

Fth = PxS – Fress = P x π x D² /4 – Fress => D² = 4 (Fth + Fress) / P x π

P = 3.14 bars = 0.314 N/mm²

D² = 4 x 4900 => D = 2 x 70 = 140 mm.

-2°-

D =140mm, P = 3.14 bars => consommation C = 0.5 l/cm

Vsortie = C x L (Course) = 0.5 l/cm x 80 cm = 40 litres.

Ventrée = 0 car vérin simple effet et retour par ressort de rappel.

Vtotal = Vsort + Vrent = 40 l

Cadence 1 aller/retour en 6 secondes => 10 allers/retours en 1 minute.

Vtot/min = 40 x 10 =400 litres.

-3°-

-a°- en rentrant : Frent = P (S – s) = P x (π x D² /4 - π x d² /4) = P x π /4 (D² - d²)
= 1/4 (4x4900 – 1600) = 1/4 x 4 (4900 - 400) = 4500 N

-b°- D = 140mm, P = 3.14 bars => consommation C = 0.5 l/cm

ϕ tige = 40mm, P = 3.14 bars => consommation tige c = 0.04 l/cm

1^ométhode

$$V_{\text{sort}} = C \times L = 0.5 \times 80 = 40 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tige}} = c \times L = 0.04 \times 80 = 3.2 \text{ litres}$$

$$V_{\text{rent}} = V_{\text{sort}} - V_{\text{tige}} = 40 \text{ l} - 3.2 \text{ l} = 36.8 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 40 \text{ l} + 36.8 \text{ l} = 76.8 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 76.8 \times 10 = 768 \text{ litres/min.}$$

2^ométhode

$$C_{\text{sort}} = C = 0.5 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{rent}} = C_{\text{sort}} - C_{\text{tige}} =$$

$$C - c = 0.5 \text{ l/cm} - 0.04 \text{ l/cm} = 0.46 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{sort}} + C_{\text{rent}} = 0.96 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} \times L = 0.96 \times 80 = 76.8 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 76.8 \times 10 = 768 \text{ litres.}$$

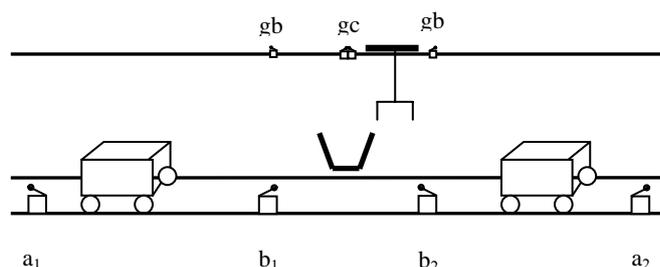
Exercice 1.6: Quai de chargement et de déchargement

On considère 2 chariots C1 et C2 pouvant se déplacer entre 2 postes de travail (a1 et b1 pour C1, a2 et b2 pour C2), repérés par des contacts de fin de course de même nom. Le déplacement des chariots est assuré indépendamment par des vérins double effet, VH1 pour C1 et VH2 pour C2.

Initialement les 2 chariots sont aux postes a1 et a2. Après le démarrage cycle (dcy), les chariots sont chargés par des vérins de transfert simple effet VT1 et VT2. Le chargement des chariots est détecté par des capteurs de poids c1p et c2p. Ensuite ils sont dirigés vers leurs destinations respectives b1 et b2. Leur déchargement est assuré par un système de déchargement unique. C'est donc le premier chariot arrivé qui sera déchargé, avec cependant la priorité au chariot C1. La séquence de déchargement est la suivante pour le chariot C1 :

- mise à un de la mémoire de déchargement (MDG) dont l'état sera détecté par une variable mdg;
- déplacement à gauche de la grue (TGG) jusqu'à l'arrivée en b1 détecté par gb1;
- descente de la grue (DG) dont la position basse est détectée par pb;
- fermeture de la pince (FP) détectée par pf;
- remontée de la grue (MG) dont la position haute est détectée par ph;
- déplacement à droite de la grue (TGD) jusqu'à l'arrivée au centre détectée par gc;
- ouverture de la pince (OP) détectée par po;
- renvoi du chariot vers son poste de départ par commande du vérin VH1- .

Un nouveau cycle peut alors avoir lieu selon le mode de fonctionnement choisi.



Le fonctionnement est symétrique pour les deux chariots. TGG, TGD et gb1 seront respectivement remplacés par TGD, TGG et gb2.

Questions: (pour les questions 2 et 3 voir tableau des consommations donné à l'exercice 1.5)

1°) Si on suppose que la masse du chariot vide est de 105kg et celle des pièces de 75kg, et si l'on travaille à une pression de 3.14 bars, et que le taux de charge des vérins est de 0.5, calculer:

1°a- Les diamètres des pistons des vérins simple effet et double effet, la force de rappel du ressort du vérin simple effet étant de 100N.

1°b-La force développée par le vérin double effet en rentrant, sachant que le diamètre de la tige du vérin double effet est de 40mm.

2°) Donner la consommation par minute pour chaque vérin, ainsi que la consommation globale par minute, sachant que la cadence de travail des vérins est de 1 aller/retour toutes les 6 secondes. La course du vérin simple effet est de 50 cm, et celle du double effet de 100cm.

3°) Si l'on remplace chaque vérin double effet par deux vérins simple effet de même diamètre de piston, placés aux deux postes a et b, calculer la force de rappel que doit avoir chacun des vérins placés au poste a et au poste b. Que peut-on en conclure?

Solution exercice 1.6

-1° -a- -a1- Vérin simple effet

$$F_{\text{utile}} = 75 \times 10 = 750\text{N}$$

$$F_{\text{théorique}} = F_{\text{ut}}/T = 750/0.5 = 1500\text{N}$$

$$F_{\text{th}} = P \times S - F_{\text{ress}} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{\text{ress}} \Rightarrow D^2 = 4 (F_{\text{th}} + F_{\text{ress}}) / P \times \pi$$

$$P = 3.14 \text{ bars} = 0.314 \text{ N/mm}^2$$

$$D^2 = 4 \times 1600 \Rightarrow D = 2 \times 40 = 80 \text{ mm.}$$

-a2- Vérin double effet

$$F_{\text{ut}} = (105+75) \times 10 = 1800\text{N} \Rightarrow F_{\text{th}} = F_{\text{ut}}/T = 1800/0.5 = 3600\text{N}$$

$$F_{\text{th}} \text{ en sortant} = P \times S = P \times \pi \times D^2 / 4 \Rightarrow D^2 = 4 F_{\text{th}} / P \times \pi = 4 \times 3600 \Rightarrow$$

$$D = 120 \text{ mm}$$

-1° -b-

-b1- Vérin simple effet

$$\text{en sortant : } F_{\text{th}} = 1500 \text{ N}$$

$$\text{en rentrant : } F_{\text{rent}} = F_{\text{ress}} = 100 \text{ N}$$

-b2- Vérin double effet

$$\text{en sortant : } F_{\text{th}} = 3600 \text{ N}$$

$$\text{en rentrant : } F_{\text{rent}} = P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) = P \times \pi / 4 (D^2 - d^2)$$

$$= 1/4 (4 \times 3600 - 1600) = 1/4 \times 4 (3600 - 400) = 3200 \text{ N}$$

-2°- -a- Vérin simple effet

$$D = 80\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.16 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{sortie}} = C \times L \text{ (Course)} = 0.16 \text{ l/cm} \times 50 \text{ cm} = 8 \text{ litres.}$$

$V_{\text{entrée}} = 0$ car vérin simple effet et retour par ressort de rappel.

$$V_{\text{total}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 8 \text{ l}$$

Cadence 1 aller/retour en 6 secondes \Rightarrow 10 allers/retours en 1 minute.

$$V_{\text{tot/min}} = 8 \times 10 = 80 \text{ litres.}$$

-b- Vérin double effet

$$D = 120\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.3 \text{ l/cm}$$

$$\phi_{\text{tige}} = 40\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation tige } c = 0.04 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{sort}} = C \times L = 0.3 \times 100 = 30 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tige}} = c \times L = 0.04 \times 100 = 4 \text{ litres}$$

$$V_{\text{rent}} = V_{\text{sort}} - V_{\text{tige}} = 30 \text{ l} - 4 \text{ l} = 26 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 30 \text{ l} + 26 \text{ l} = 56 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 56 \times 10 = 560 \text{ litres.}$$

$$V_{\text{global/min}} = 2 \times V_{\text{simple effet}} + 2 \times V_{\text{double effet}} = 2 (80 + 560) = 1280 \text{ litres}$$

$$V_{\text{horaire}} = V_{\text{min}} \times 60 = 1280 \times 60 = 76800 \text{ litres} = \mathbf{76.8 \text{ mètres cubes} ?!!!}$$

-3°- -a- Vérin placé au poste a

$$F_{\text{ut}} = (105 + 75) \times 10 = 1800 \text{ N} \rightarrow F_{\text{th}} = F_{\text{ut}} / T = 1800 / 0.5 = 3600 \text{ N}$$

$$F_{\text{th}} = P \times S - F_{\text{ress}} \rightarrow F_{\text{ress}} = P \times S - F_{\text{th}} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{\text{th}} = 0 \text{ N}$$

\rightarrow le ressort n'exerce aucune force \rightarrow la tige du vérin ne reviendra jamais,

si $F_{\text{ress}} \neq 0$ la tige ne sortira jamais car *le diamètre du piston est sous dimensionné*

(car $F_{\text{th}} = P \times S$). Il faudra prendre un diamètre de piston > 120 mm pour vaincre la force de rappel du ressort du vérin.

-b- Vérin placé au poste b

$$F_{\text{ut}} = 105 \times 10 = 1050 \text{ N} \rightarrow F_{\text{th}} = F_{\text{ut}} / T = 1050 / 0.5 = 2100 \text{ N}$$

$$F_{\text{th}} = P \times S - F_{\text{ress}} \rightarrow F_{\text{ress}} = P \times S - F_{\text{th}} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{\text{th}} \\ = 3600 - 2100 = 1500 \text{ N}$$

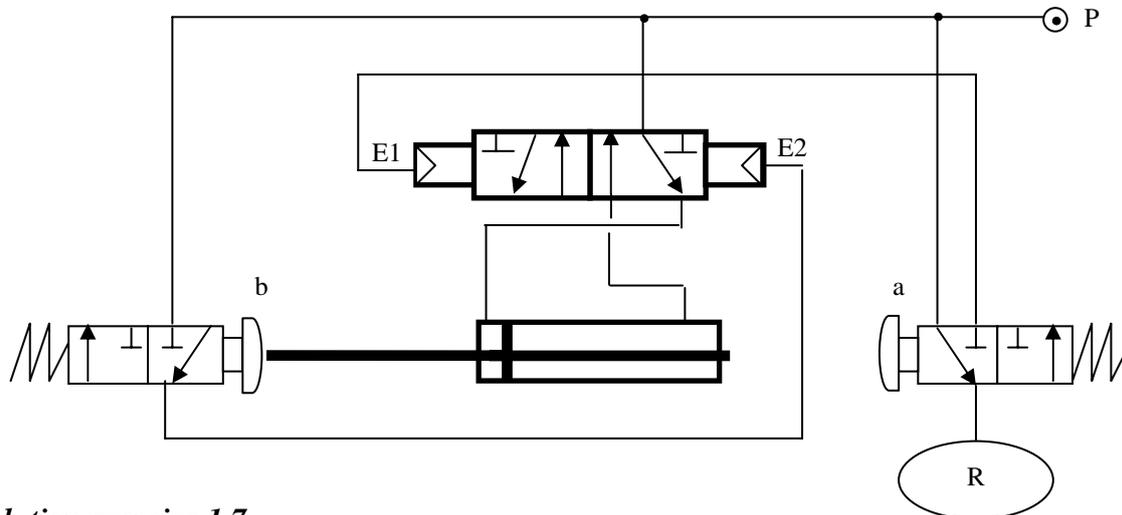
Le ressort est trop fort \rightarrow le piston va revenir trop vite car $P \times S$ est trop grand devant la force théorique.

\rightarrow *le vérin est surdimensionné pour la Fut nécessaire, c'est à dire son diamètre de piston est trop grand.*

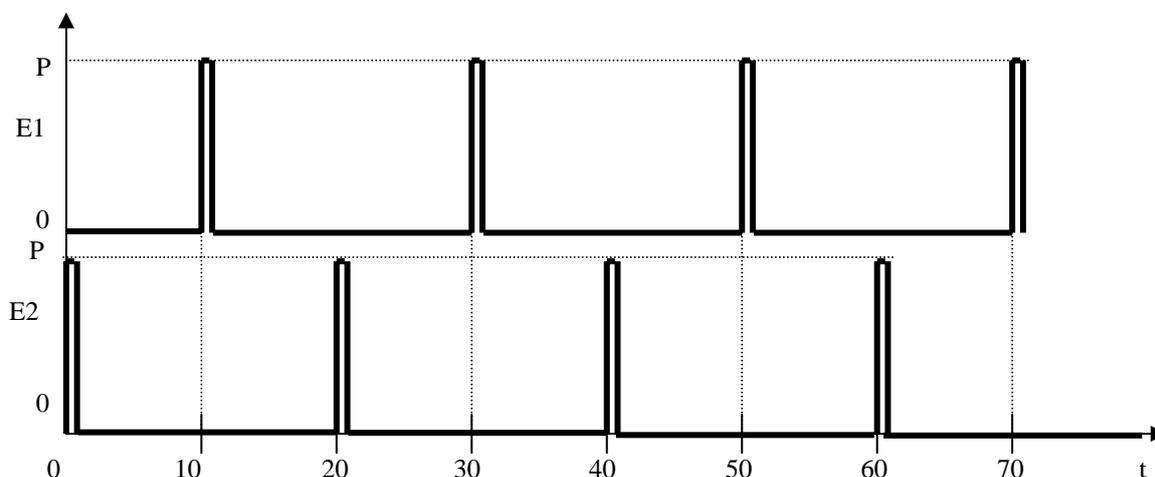
Exercice 1.7

Les distributeurs répondent instantanément. Le vérin double effet double tige met dix secondes pour sortir entièrement la tige, à droite ou à gauche. C'est exactement la durée de remplissage de la cuve R, dont la capacité est suffisante pour alimenter le distributeur 3/2 et commander le distributeur 5/2.

A l'instant $t=0$ on alimente en pression P. Après avoir expliqué en quelques lignes le fonctionnement, donner les expressions de E1 et E2 en fonction du temps.

**Solution exercice 1.7**

Il s'agit d'un système de va et vient: tant que la pression P demeure, le vérin fait un va et vient en permanence. E1 et E2 restent à la valeur P pendant une durée très brève (impulsion) nécessaire pour faire changer d'état au distributeur 5/2, et commander le vérin en sens inverse. A l'instant $t=0$ le vérin appuie sur le distributeur 3/2 "b". Si $b = 1$ logique, donc $E2 = P$, et le distributeur 5/2 bistable (qui n'a besoin que d'une impulsion) change d'état, ce qui a pour effet de commander le vérin en sens inverse. Dès que le vérin commence à se déplacer, il n'appuie plus sur le distributeur 3/2 "b", donc $b = 0$ logique, donc E2 retombe de la valeur P à zéro, mais le vérin continue à être commandé. Au bout de 10 secondes, le vérin est complètement sorti et la tige appuie sur "a", donc $a = 1$ logique, donc E1 = P. Donc le distributeur 5/2 change d'état, ce qui a pour effet de commander le vérin en sens inverse. Dès qu'il commence à sortir, il n'appuie plus sur le distributeur 3/2 "a" donc $a = 0$ logique, donc E1 retombe de la valeur P à zéro. Au bout de 10 secondes, le vérin est complètement sorti, etc... et ainsi de suite indéfiniment tant que la pression P demeure. E1 et E2 changent de valeur toutes les 20 secondes.



Exercice 1.8: dimensionnement de vérins pneumatiques

(voir tableau des consommations donné à l'exercice 1.5)

Dans un atelier de marquage de pièces métalliques, un tampon est monté sur le vérin simple effet "M". Après une action sur un bouton poussoir de mise en marche, le vérin double effet "D" déplace la pièce jusqu'au poste de marquage où le vérin "M" descend pour marquer la pièce (cf figure).

Les pièces ont une masse de 180 kg, la force de rappel du ressort du vérin "M" est de 100 N, et la pression de 3,14 bars. Les deux vérins "M" et "D" possèdent le même diamètre de piston, ont une tige de longueur 500mm et de diamètre 40 mm.

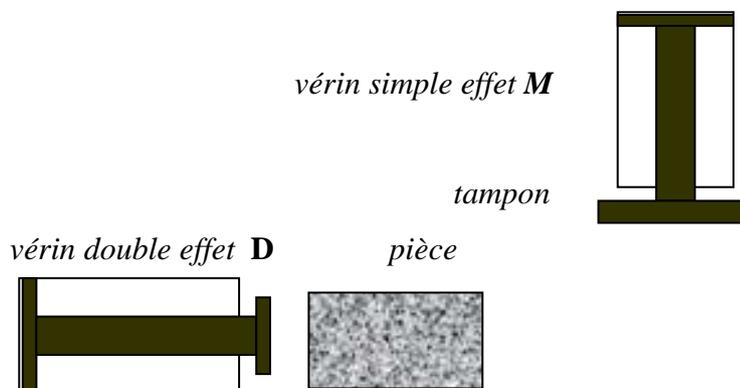
1°) Calculer les diamètres des pistons des vérins s'ils sont utilisés avec un taux de charge de 0.5 ?

2°) Les forces développées par les deux vérins en sortant et en rentrant.

3°) Le volume d'air consommé par minute par chaque vérin en sortant et en rentrant, pour une cadence de 1 aller-retour toutes les 6 secondes.

4°) Si on remplace le vérin double effet simple tige par un vérin de mêmes caractéristiques mais double tige, donner pour ce vérin les nouvelles valeurs des forces et les nouveaux volumes.

N.B: la force de la gravité terrestre est égale à 10 N/kg, et on prendra $\pi^2 = 10$.

**Solution exercice 1.8****1° Calcul des diamètres des pistons**

Pour le vérin double effet on a:

$$F_{ut} = 180 \times 10 = 1800 \text{ N} \Rightarrow F_{th} = F_{ut} / T = 1800 / 0.5 = 3600 \text{ N}$$

$$F_{th} = P \times S = P \times \pi \times D^2 / 4 \Rightarrow D^2 = 4 F_{th} / P \times \pi = 4 \times 3600 \Rightarrow \mathbf{D = 120 \text{ mm}}$$

2° Calcul des forces développées par les vérins**-a- Vérin simple effet**

en rentrant : **Frent = Fress = 100 N**

en sortant : $F_{th} = P \times S - F_{ress} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{ress}$

$$\Rightarrow D^2 = 4 (F_{th} + F_{ress}) / P \times \pi$$

$P = 3.14 \text{ bars} = 0.314 \text{ N/mm}^2 \rightarrow P \times \pi = 1.$

$D^2 = (120)^2 = 4 \times 3600 = 4 (F_{th} + F_{ress}) \rightarrow F_{th} + F_{ress} = 3600$

$\rightarrow F_{th} = 3600 - F_{ress} = 3600 - 100 = \mathbf{3500 \text{ N}}$

-b- Vérin double effet

en sortant : **Fth = 3600 N**

en rentrant : **Frent = P (S - s) = P x (π x D² / 4 - π x d² / 4) = P x π/4 (D² - d²)**
 $= \frac{1}{4} (4 \times 3600 - 1600) = \frac{1}{4} \times 4 (3600 - 400) = \mathbf{3200 \text{ N}}$

3° Consommation des vérins**-a- Vérin simple effet**

$D = 120 \text{ mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.3 \text{ l/cm}$

$V_{\text{sortie}} = C \times L (\text{Course}) = 0.3 \text{ l/cm} \times 50 \text{ cm} = 15 \text{ litres.}$

$V_{\text{rentrée}} = 0$ car vérin simple effet et retour par ressort de rappel.

$V_{\text{total}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 15 \text{ l}$

Cadence 1 aller/retour en 6 secondes \Rightarrow 10 allers/retours en 1 minute.

$V_{\text{tot/min}} = 15 \times 10 = 150 \text{ litres.}$

-b- Vérin double effet

$D = 120 \text{ mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.3 \text{ l/cm}$

$\phi_{\text{tige}} = 40 \text{ mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation tige } c = 0.04 \text{ l/cm}$

1° méthode

$V_{\text{sort}} = C \times L = 0.3 \times 50 = 15 \text{ litres}$

$V_{\text{tige}} = c \times L = 0.04 \times 50 = 2 \text{ litres}$

$V_{\text{rent}} = V_{\text{sort}} - V_{\text{tige}} = 15 \text{ l} - 2 \text{ l} = 13 \text{ litres}$

$V_{\text{tot}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 15 \text{ l} + 13 \text{ l} = 28 \text{ litres}$

$V_{\text{tot/min}} = 28 \times 10 = 280 \text{ litres.}$

2° méthode

$$C_{\text{sort}} = C = 0.3 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{rent}} = C_{\text{sort}} - C_{\text{tige}} = C - c = 0.3 \text{ l/cm} - 0.04 \text{ l/cm} = 0.26 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{sort}} + C_{\text{rent}} = 0.56 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} \times L = 0.56 \times 50 = 28 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 28 \times 10 = 280 \text{ litres.}$$

4° Vérin double effet deux tiges

Si on remplace le vérin double effet une tige par un vérin double effet deux tiges de mêmes caractéristiques (diamètre piston = 120mm, longueur de tige = 50 cm, diamètre de tige = 40 mm), le fonctionnement en sortie et en entrée devient identique au vérin 1 tige précédent quand il fonctionne en rentrant.

-a- Forces développées

$$\begin{aligned} \text{en rentrant} \equiv \text{en sortant: } \mathbf{F_{\text{sort}}} = \mathbf{F_{\text{rent}}} &= P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) \\ &= P \times \pi / 4 (D^2 - d^2) = 1/4 (4 \times 3600 - 1600) = 1/4 \times 4 (3600 - 400) = \mathbf{3200 \text{ N}} \end{aligned}$$

-b- Consommation

$$D = 120\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation vérin une tige } C = 0.3 \text{ l/cm}$$

$$\phi_{\text{tige}} = 40\text{mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation tige } c = 0.04 \text{ l/cm}$$

1° méthode

$$V_{\text{sort_1tige}} = C \times L = 0.3 \times 50 = 15 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tige}} = c \times L = 0.04 \times 50 = 2 \text{ litres}$$

$$V_{\text{rent}} = V_{\text{sort_1tige}} - V_{\text{tige}} = 15 \text{ l} - 2 \text{ l} = 13 \text{ litres}$$

$$V_{\text{sort}} = V_{\text{sort_1tige}} - V_{\text{tige}} = 15 \text{ l} - 2 \text{ l} = 13 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 13 \text{ l} + 13 \text{ l} = 26 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 26 \times 10 = 260 \text{ litres.}$$

2° méthode

$$C_{\text{sort_ttige}} = C = 0.3 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{rent}} = C_{\text{sort_1tige}} - C_{\text{tige}} = C - c = 0.3 \text{ l/cm} - 0.04 \text{ l/cm} = 0.26 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{sort}} = C_{\text{sort_1tige}} - C_{\text{tige}} = C - c = 0.3 \text{ l/cm} - 0.04 \text{ l/cm} = 0.26 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{sort}} + C_{\text{rent}} = 0.52 \text{ l/cm}$$

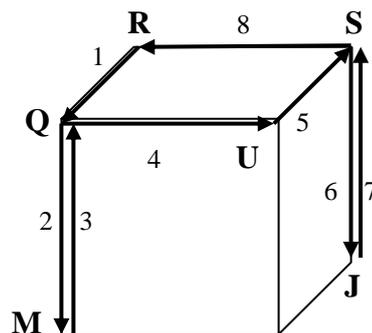
$$V_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} \times L = 0.52 \times 50 = 26 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot/min}} = 26 \times 10 = 260 \text{ litres.}$$

Exercice 1.9: *Choix de vérins et de leurs distributeurs*

Soit un cycle cubique qui se reproduit dans l'ordre R, Q, M, Q, U, S, J, S, R. En fonctionnement cycle par cycle ou automatique, cela pourrait représenter un dispositif de perçage qui effectue deux trous entre lesquels il y a lieu de modifier les deux coordonnées de la table porte-pièce. La perceuse effectue les mouvements $Q \leftrightarrow M$, $J \leftrightarrow S$, et la table les mouvements $R \rightarrow Q \rightarrow U \rightarrow S \rightarrow R$.

La table et la perceuse sont commandées par des vérins pneumatiques pilotés par des distributeurs.

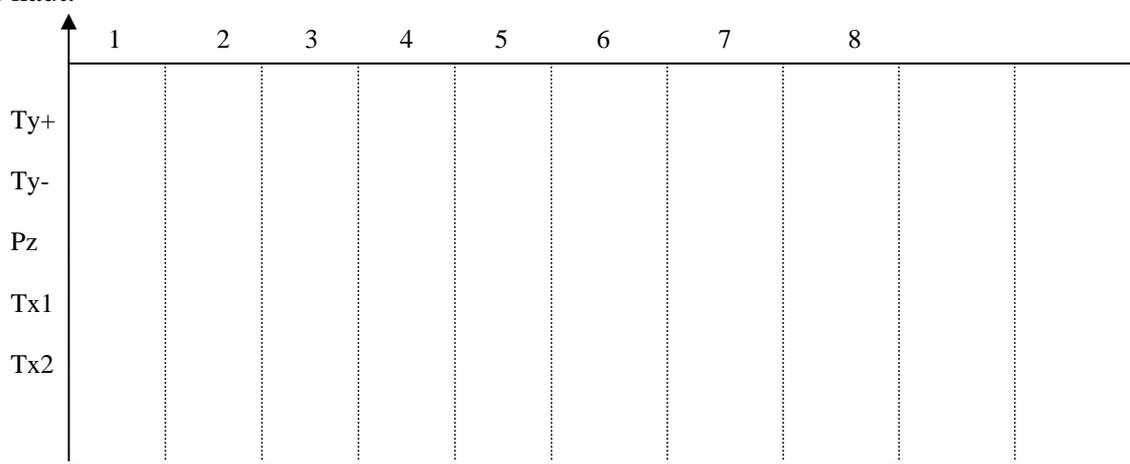
**Partie 1:** *utilisation des distributeurs*

Si on utilise 1 vérin double effet (**Pz**) pour la perceuse (mouvements $Q \leftrightarrow M$ et $S \leftrightarrow J$), un vérin double effet (**Ty**) pour les déplacements en "Y" de la table (mouvements $U \rightarrow S$ et $R \rightarrow Q$), et deux vérins simple effet (**Tx1** et **Tx2**) pour les déplacements en "X" de la table (mouvements $Q \rightarrow U$ et $S \rightarrow R$).

1° Proposer les différents choix des distributeurs nécessaires en indiquant les parties du cycle qu'ils réalisent.

2° Si les types de distributeurs utilisés sont les suivants: 4/2 monostable pour le vérin Pz, 5/2 bistable pour le vérin Ty, et 3/2 monostable pour les vérins Tx.

Compléter le diagramme des phases suivant nécessaire pour réaliser le cycle cubique décrit plus haut.



Partie 2: dimensionnement des vérins pneumatiques

La perceuse a une masse de 45 kg, la force de rappel du ressort des vérins simple effet **Tx** est de 100N, et la pression de 3,14 bars. Les vérins "**Pz**" et "**Tx**" possèdent le même diamètre de piston, ont une tige de longueur 500mm et de diamètre 40 mm.

- Calculer :
- 1°) Les diamètres des pistons des vérins **Pz** et **Tx** s'ils sont utilisés avec un taux de charge de 0.5 ?
 - 2°) Les forces développées par les vérins **Pz** et **Tx** en sortant et en rentrant.
 - 3°) Le volume d'air consommé par minute pour chaque vérin **Pz** et **Tx** en sortant et en rentrant, pour une cadence de 1 aller-retour toutes les 6 secondes.

N.B: la force de la gravité terrestre est égale à 10 N/kg, et on prendra $\pi^2 = 10$.

Solution exercice 1.9**Partie 1: utilisation des distributeurs**

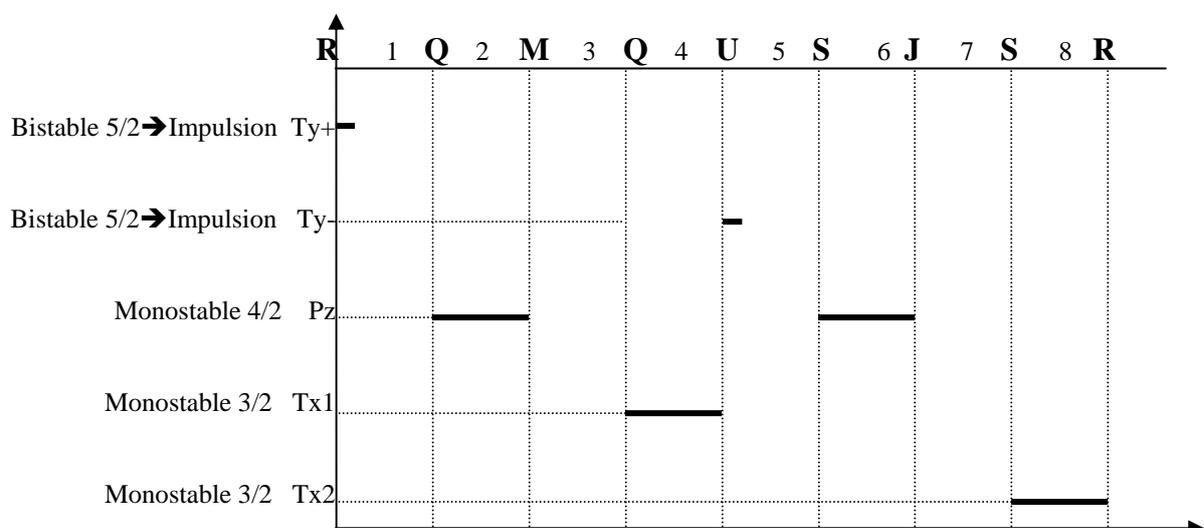
1°

-a- Pour commander le vérin double effet **Pz**, on peut utiliser :

- soit deux distributeurs 3/2 séparés, un pour la commande **Pz+** (mouvements $Q \rightarrow M$ et $S \rightarrow J$) et l'autre pour la commande **Pz-** (mouvements $Q \leftarrow M$ et $S \leftarrow J$);
- soit un distributeur 4/2 ou 5/2 monostable: la sortie normale (correspondant à la commande électrique) sera utilisée pour la commande **Pz+** (mouvements $Q \rightarrow M$ et $S \rightarrow J$), et la sortie correspondant au ressort de rappel pour la commande **Pz-** (mouvements $Q \leftarrow M$ et $S \leftarrow J$);
- soit un distributeur 4/2 ou 5/2 bistable: chaque sortie de commande du distributeur est reliée à l'entrée de commande du vérin.

-b- Pour commander le vérin double effet **Ty** le raisonnement est le même que pour **Pz**.

-c- Pour commander les vérins simple effet **Tx1** et **Tx2**, on doit utiliser des distributeurs 3/2.

2° Diagramme des phases pour réaliser le cycle cubique "ROMOUSJSR"

Partie 2: dimensionnement des vérins pneumatiques1° Calcul des diamètres des pistons

Pour le vérin double effet Pz (de déplacement de la perceuse) on a:

$$F_{ut} = 45 \times 10 = 450 \text{ N} \Rightarrow F_{th} = F_{ut}/T = 450/0.5 = 900 \text{ N}$$

$$F_{th} = P \times S = P \times \pi \times D^2 / 4 \Rightarrow D^2 = 4 F_{th} / P \times \pi = 4 \times 900 \Rightarrow \mathbf{D = 60 \text{ mm}}$$

2° Calcul des forces développées par les vérins-a- Vérin simple effet

en rentrant : $F_{rent} = F_{ress} = 100 \text{ N}$

en sortant : $F_{th} = P \times S - F_{ress} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{ress} \Rightarrow D^2 = 4 (F_{th} + F_{ress}) / P \times \pi$

$$P = 3.14 \text{ bars} = 0.314 \text{ N/mm}^2 \rightarrow P \times \pi = 1.$$

$$D^2 = (60)^2 = 4 \times 900 = 4 (F_{th} + F_{ress}) \rightarrow F_{th} + F_{ress} = 900$$

$$\rightarrow \mathbf{F_{th} = 900 - F_{ress} = 900 - 100 = 800 \text{ N}}$$

-b- Vérin double effet

en sortant : $F_{th} = 900 \text{ N}$

en rentrant : $F_{rent} = P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) = P \times \pi / 4 (D^2 - d^2)$
 $= 1/4 (4 \times 900 - 1600) = 1/4 \times 4 (900 - 400) = \mathbf{500 \text{ N}}$

3° Consommation des vérins-a- Vérin simple effet

$D = 60 \text{ mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow$ consommation $C = 0.1 \text{ l/cm}$

$V_{sortie} = C \times L$ (Course) $= 0.1 \text{ l/cm} \times 50 \text{ cm} = 5 \text{ litres.}$

$V_{rentrée} = 0$ car vérin simple effet et retour par ressort de rappel.

$V_{total} = V_{sort} + V_{rent} = 5 \text{ l}$

Cadence 1 aller/retour en 6 secondes \Rightarrow 10 allers/retours en 1 minute.

$V_{tot}/\text{min} = 5 \times 10 = 50 \text{ litres.}$

-b- Vérin double effet

$D = 60 \text{ mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow$ consommation $C = 0.1 \text{ l/cm}$

$\phi_{tige} = 40 \text{ mm}, P = 3.14 \text{ bars} \Rightarrow$ consommation tige $c = 0.04 \text{ l/cm}$

1° méthode

$V_{sort} = C \times L = 0.1 \times 50 = 5 \text{ litres}$

$V_{tige} = c \times L = 0.04 \times 50 = 2 \text{ litres}$

$V_{rent} = V_{sort} - V_{tige} = 5 \text{ l} - 2 \text{ l} = 3 \text{ litres}$

$V_{tot} = V_{sort} + V_{rent} = 5 \text{ l} + 3 \text{ l} = 8 \text{ litres}$

$V_{tot}/\text{min} = 8 \times 10 = 80 \text{ litres.}$

2° méthode

$$C_{\text{sort}} = C = 0.1 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{rent}} = C_{\text{sort}} - C_{\text{tige}} = C - c = 0.1 \text{ l/cm} - 0.04 \text{ l/cm} = 0.06 \text{ l/cm}$$

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{sort}} + C_{\text{rent}} = 0.16 \text{ l/cm}$$

$$V_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} \times L = 0.16 \times 50 = 8 \text{ litres}$$

$$V_{\text{tot}}/\text{min} = 8 \times 10 = 80 \text{ litres.}$$

Exercice 1 dimensionnement et câblage électrique (45mn)

Description de l'automatisme station de transport de gravier

Deux wagonnets W1 et W2 sont chargés de transporter du gravier d'une station A à une station B.

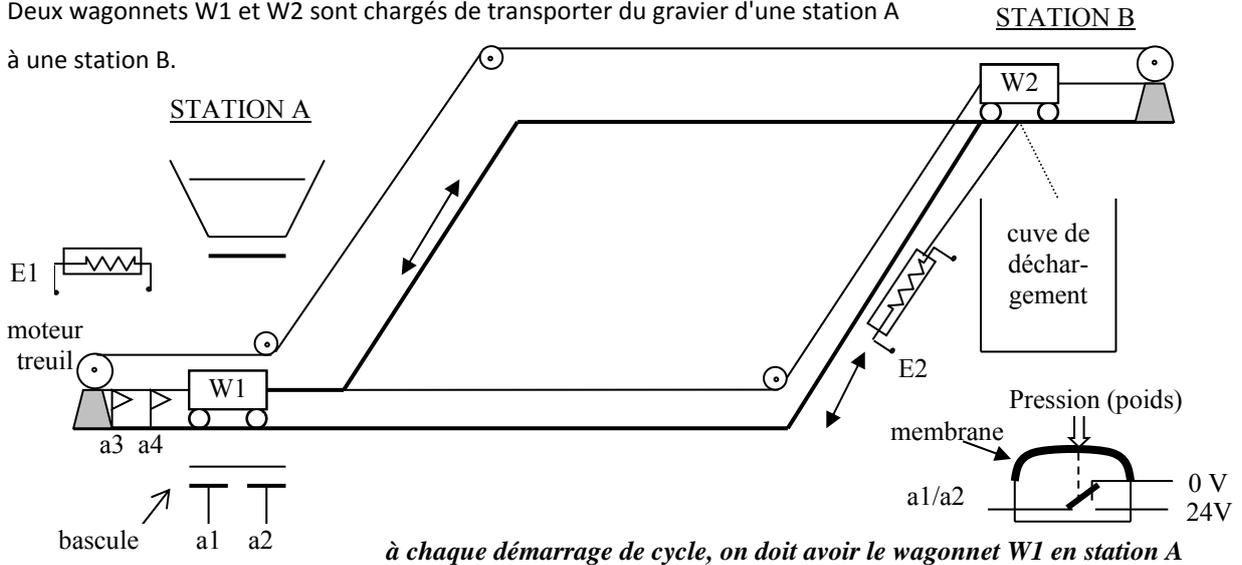
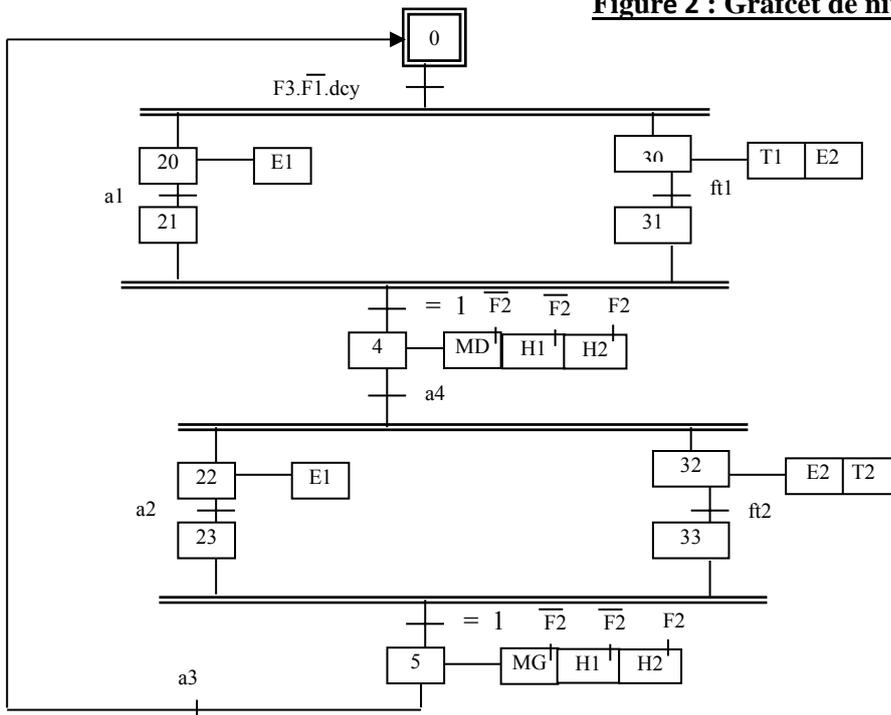


Figure 1 : schéma de principe de l'automatisme

Tableau des variables d'entrée-sortie

adresse	Nom	Signification	adresse	Nom	Signification
I0.1	a1	Détection wagonnet 1 plein	O0.1	E1	Ouverture de la cuve de chargement
I0.2	a2	Détection wagonnet 2 plein	O0.2	E2	Ouverture de la trappe de vidange
I0.3	a3	Wagonnet 1 en station A	O0.4	MD	Rotation moteur à droite
I0.4	a4	Wagonnet 2 en station A (sous la cuve de chargement)	O0.5	MG	Rotation moteur à gauche
I0.5	dcy	Bouton poussoir démarrage cycle	O0.6	H1	Voyant de marche du moteur
I0.6	Arrêt	Bouton poussoir d'arrêt	O0.7	H2	Voyant de surcharge du moteur
I0.7	$\overline{F2}$	Contact du relais thermique	O0.8	KM3	

Figure 2 : Grafcet de niveau 2



- Plaque signalétique du moteur utilisé en catégorie AC3 : 230/400v - 30 Kw - $\cos\phi = 1.2/\sqrt{3}$.
- Electroaimants E1 et E2, voyants H1 et H2, bobines des contacteurs: alimentés en 230 v.
- a3 et a4 sont des capteurs pneumatiques fins de course à galet.
- a1 et a2 sont des détecteurs à membrane (cf figure 1) fournissant un signal électrique 24 v.
- Le moteur à deux sens de marche est alimenté en triphasé 400v.

Donner en le justifiant :

1. Démarrage et couplage
 - a- Le choix du couplage des enroulements du stator.
 - b- Le type de moteur choisi.
 - c- Le mode de démarrage choisi (en précisant ceux qui sont possibles et ceux interdits).
2. Le schéma de puissance du moteur.
3. Le calibrage des composants, le choix dans le catalogue de Télémécanique, le bon de commande.
4. Le schéma de câblage de l'API

Exercice 2 dimensionnement et câblage pneumatique (45mn)

Un chariot déplace des pièces entre 2 positions **G** et **D** distantes de **1 mètre** (et détectées par des capteurs fins de course **d** et **g**). A chaque fois que l'opérateur appuie sur un bouton **b**, une temporisation **T0** est lancée en même temps qu'un vérin simple effet **VT** alimente le chariot en pièces. A la fin de la temporisation le chariot est *ensuite* poussé par un vérin double effet **VD** vers la position **Droite** (détectée par le fin de course **d**). Une fois que le chariot a été déchargé manuellement, l'opérateur appuie sur un bouton **a**, et le vérin double effet renvoie le chariot vers la position **Gauche** (détectée par le fin de course **g**).

La masse à vide du chariot est de 110 kg et celle des pièces est de 70 kg.

Le diamètre de la tige du vérin double effet est de 40mm. La longueur de la tige du vérin simple effet est de 50cm, alors que la force de rappel de son ressort est de 200N.

La pression de travail est de 3.14 bars, et les vérins travaillent à une cadence de 1 aller/retour par minute.

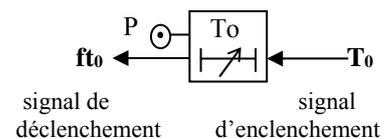
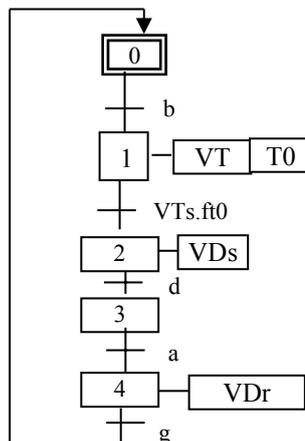
1. Donner le schéma de câblage de l'automatisme complet en technologie 100% pneumatique.
2. Dimensionnement des vérins

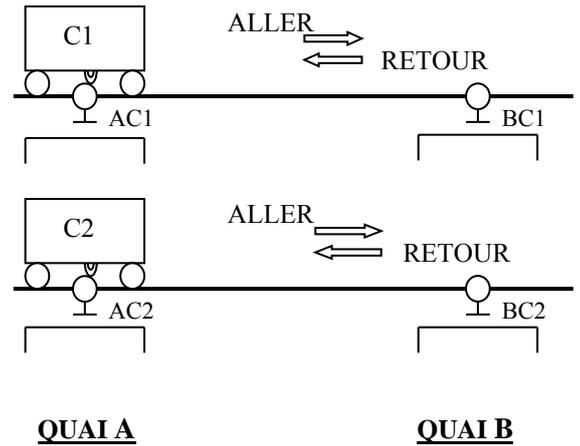
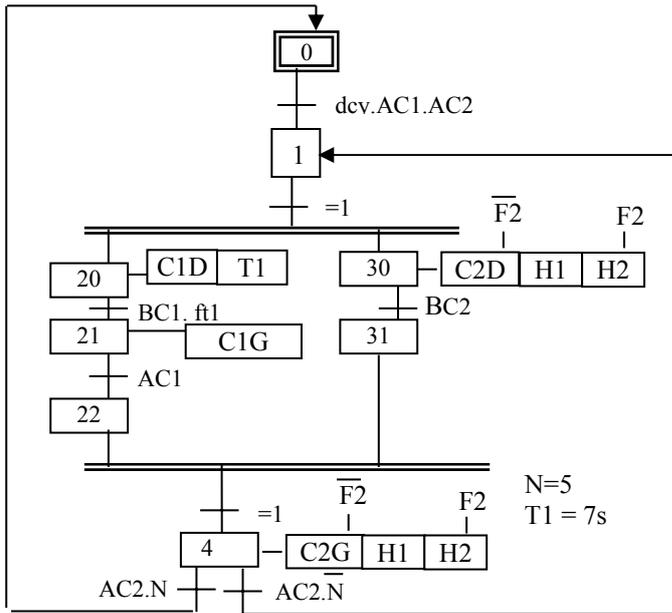
Calculer :

 - 2.1 Les diamètres des pistons des vérins simple effet et double effet.
 - 2.2 Les forces développées par les deux vérins en sortant et en rentrant.
 - 2.3 Le volume d'air consommé par minute par chaque vérin en sortant et en rentrant.
 - 2.4 Le volume d'air global consommé par heure. Conclure
3. Si on remplace le vérin double effet par deux vérins simple effet de même diamètre de piston que le vérin double effet, placés aux deux postes **Gauche** et **Droite**, calculer la force de rappel que doit avoir chacun des vérins placés aux postes **G** et **D**.

Que peut-on en conclure ?

Pression de travail : 3,14 bars	
Diamètre mm	Consommation litre/cm
40	0,04
65	0,1
70	0,125
80	0,16
100	0,24
120	0,3
125	0,4
135	0,5
140	0,6





Deux chariots automatisés C1 et C2, assurant les manutentions entre un quai A et un quai B, ont le fonctionnement décrit par le grafcet.

Le chariot C1 est commandé par un vérin double effet avec des capteurs fins de course pneumatiques AC1 et BC1 ; les bobines des modules d'interface électropneumatiques sont alimentées en 24V.

Le chariot C2 est commandé par un moteur triphasé à cage, et ses capteurs fins de course sont électromécaniques : AC2 et BC2. Les capteurs sont alimentés en 24v alors que les bobines des contacteurs sont alimentées en 230v.

Deux voyants H1 et H2 (alimentés en 230v) sont utilisés pour indiquer respectivement la marche et la surcharge du moteur.

Plaque signalétique du moteur: 230/400v – 6.6 Kw - $\cos\phi = 1/\sqrt{3}$.

Voyants et bobines des contacteurs : alimentés en 230 v ; Moteur triphasé: alimenté en 400v.

ENTREES	
R/S	I0.0
AC1	I0.1
BC1	I0.2
AC2	I0.3
BC2	I0.4
Dcy	I0.5
(auxiliaire du relais thermique)	I0.6
F2	
ft1	B0

SORTIES	
C1D	O0.1
C1G	O0.2
KMC2D	O0.4
KMC2G	O0.5
H1	O0.6
H2	O0.7
Compteur	C1
T1	T1

Exercice 1 dimensionnement et câblage électrique (45mn)

Dans le cas d'une commande par l'api TSX 17-20, donner en le justifiant :

1. Démarrage et couplage
 - d- Le choix du couplage des enroulements du stator.
 - e- Le type de moteur choisi.
 - f- Le mode de démarrage choisi (en précisant ceux qui sont possibles et ceux interdits).
2. Le schéma de puissance du moteur.
3. Le calibrage des composants, le choix dans le catalogue de Télémécanique, le bon de commande.
4. Le schéma de câblage de l'API en faisant clairement apparaître les interfaces qui font la conversion des signaux (de l'électrique vers le pneumatique et vice versa).

Exercice 2 dimensionnement et câblage pneumatique (45mn)

Les quais A et B sont distants de 1 mètre. Le chariot C1 est poussé par un vérin double effet VD. Il est alimenté en pièces par un vérin simple effet VT. La masse à vide du chariot est de 110kg et celle des pièces est de 70kg.

Le diamètre de la tige du vérin double effet est de 40mm, et la longueur de la tige du vérin simple effet est de 50cm, alors que la force de rappel de son ressort est de 200N. La pression de travail est de 3.14 bars, et les vérins travaillent à une cadence de 1 aller/retour toutes les 6 secondes.

5. Donner le schéma de câblage de la partie électropneumatique en faisant clairement apparaître tous les composants ainsi que leur alimentation.
6. Dimensionnement des vérins

Calculer :

- 6.1 Les diamètres des pistons des vérins simple effet et double effet.
- 6.2 Les forces développées par les deux vérins en sortant et en rentrant.
- 6.3 Le volume d'air consommé par minute par chaque vérin en sortant et en rentrant.
- 6.4 Le volume d'air global consommé par minute.
7. Si on remplace chaque vérin double effet par deux vérins simple effet de même diamètre de piston, placés aux deux postes a et b, calculer la force de rappel que doit avoir chacun des vérins placés aux postes a et b.
Que peut-on en conclure?

Pression de travail: 3,14 bars	
Diamètre mm	Consommation l/cm
40	0,04
65	0,1
70	0,125
80	0,16
100	0,24
120	0,3
125	0,4
140	0,5
150	0,6

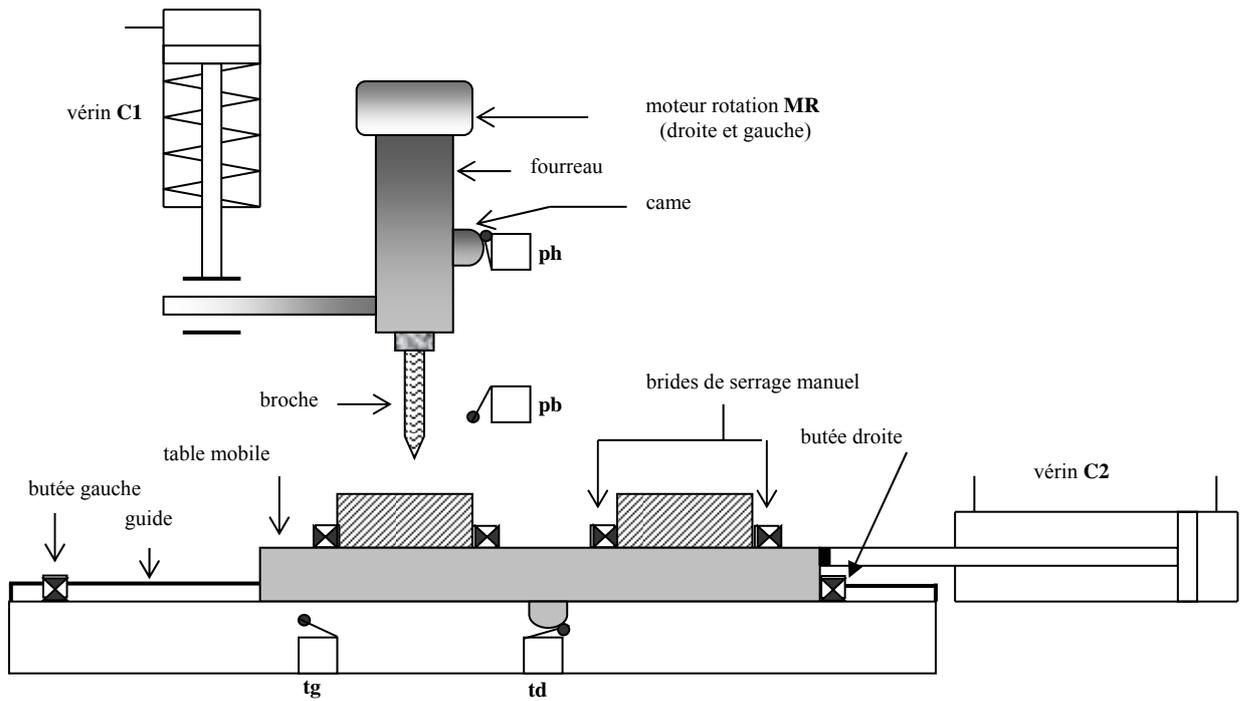


Figure 1 : installation de perçage

Variables d'entrée	Signification	Variables de sortie	Signification
dcy	ordre de départ cycle	MRD	commande moteur rotation de broche à droite
ph	perceuse en position haute	MRG	commande moteur rotation de broche à gauche
pb	perceuse en position basse	C1	commande sortie du vérin C1
td	table porte pièce en position droite	C2S	commande sortie du vérin C2
tg	table porte pièce en position gauche	C2R	commande rentrée du vérin C2
ft0	fin de temporisation	T0	lancement de temporisation

Figure 2 : tableau des entrées/sorties

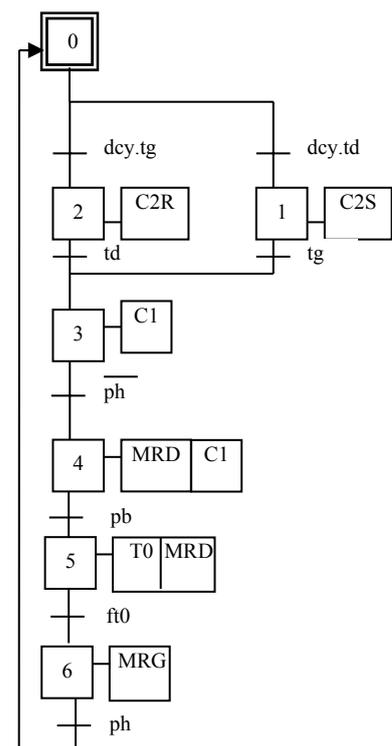


Figure 3 : Grafcet modélisant le fonctionnement

Diamètre en mm	10	12	16	20	25	32	40	45	65	70	80	100	120	125	140	150
Consommation en l/cm pour P=6à10bars	0.0025		0.005	0.01	0.015	0.02	0.04	0.06	0.1	0.125	0.16	0.24	0.3	0.4	0.5	0.6

Figure 4 : Consommation du vérin en fonction du diamètre

Commande automatique par séquenceur pneumatique d'une séquence de perçage

La séquence de perçage de l'installation de la figure 1 est automatisée selon le grafcet de fonctionnement de la figure 3, et son tableau des entrées-sorties est donné par la figure 2.

Partie 1 : câblage pneumatique

La perceuse est munie d'un moteur pneumatique (commandé exactement dans les mêmes conditions qu'un vérin). Donner le schéma de câblage complet de l'installation en 100% pneumatique (capteurs, commande, préactionneurs, actionneurs).

Partie 2 : dimensionnement pneumatique : On fera les approximations suivantes $\pi^2 = 10$; $\sqrt{800} = 28$; $\sqrt{1024} = 32$

Les tiges des vérins ont des longueurs de 50 cm pour C1 et 100 cm pour C2, et un diamètre de 20mm. La table et la perceuse ont chacune une masse de 8 kg, alors que chaque pièce a une masse de 4 kg. Sachant que la pression de travail est de 6.28 bars, le taux de charge de 0.8, et que la durée du cycle est de 3 minutes, calculer :

- 1- la valeur minimale de la force du ressort du vérin simple effet,
- 2- le diamètre du piston de chaque vérin (on prendra **Fressort = 100N**),
- 3- les forces **réelles** développées par chaque vérin : -a- en sortant, -b- en rentrant,
- 4- le volume d'air **réel** consommé par chaque vérin : -a- en sortant, -b- en rentrant,
- 5- le volume d'air global consommé par heure.
- 6- Si on remplace le vérin double effet par 2 vérins simple effet de même diamètre que le vérin double effet,
 - a- calculer la valeur de la force du ressort pour déplacer la table dans les mêmes conditions,
 - b- calculer les nouvelles forces en sortant et en rentrant, ainsi que les nouveaux volumes,
 - c- conclure.

Partie 3 : dimensionnement électrique On prendra $1/230 = 4,3 \cdot 10^{-3}$

La perceuse pneumatique est remplacée par une perceuse électrique (alimentée en **triphase 230v**), dont le moteur porte sur la plaque signalétique les indications suivantes : 115/230v 15kw $\cos\phi = 1.5/\sqrt{3}$.

La plaque est abimée, et on n'est pas sûr de la puissance, c'est peut être 1.5kW, le point n'est pas visible. Donner :

- 1- le schéma de puissance du moteur en justifiant le mode de démarrage choisi dans les deux cas (1.5kw et 15kw);
- 2- un tableau indiquant les équipements rajoutés avec les noms des variables dans les deux cas 1.5kw et 15kw (après dimensionnement éventuel et choix dans le catalogue de Télémécanique);
- 3- les modifications éventuelles sur le grafcet en fonction du mode de démarrage choisi ;
- 4- les modifications sur le schéma de câblage introduites par la partie électrique.
- 5- Conclusions :
 - a- Selon vous quelle est la bonne puissance du moteur 1.5kw ou 15kw? Pourquoi ?
 - b- Comment doit-on faire pour s'en assurer ?
 - c- Compte tenu de la nature de l'application, comment peut-on simplifier la partie électrique ?

MOTEUR A CAGE					PROTECTION					
220 / 240V		380 / 400V		contacteur tripolaire	relais thermique tripolaire différentiel		3 fusibles classe aM		sectionneur	sectionneur disjoncteur
Kw	In(A)	Kw	In(A)	référence	référence	zone de réglage (A)	calibre (A)	taille	référence	référence
-	-	0.37	1.03	LC1-D09	LR1-D1306	1 ÷ 1.6	2	10x38	LS1-D2531	GK2-CF06
-	-	0.55	1.6	LC1-D09	LR1-D13x6	1.25÷2	4	10x38	LS1-D2531	GK2-CF07
0.37	1.8	0.75	2	LC1-D09	LR1-D1307	1.6÷2.5	4	10x38	LS1-D2531	GK2-CF07
0.55	2.75	1.1	2.6	LC1-D09	LR1-D1308	2.5÷4	6	10x38	LS1-D2531	GK2-CF08
0.75	3.5	1.5	3.5	LC1-D09	LR1-D1308	2.5÷4	6	10x38	LS1-D2531	GK2-CF08
1.1	4.4	2.2	5	LC1-D09	LR1-D1310	4÷6	8	10x38	LS1-D2531	GK2-CF10
1.5	6.1	3	6.6	LC1-D09	LR1-D1312	5.5÷8	12	10x38	LS1-D2531	GK2-CF12
2.2	8.7	4	8.5	LC1-D09	LR1-D1314	7÷10	12	10x38	LS1-D2531	GK2-CF14
3	11.5	5.5	11.5	LC1-D12	LR1-D1316	9÷13	16	10x38	LS1-D2531	GK2-CF16
4	14.5	7.5	15.5	LC1-D18	LR1-D1321	12÷18	20	10x38	LS1-D2531	GK2-CF21
-	-	9	18.5	LC1-D25	LR1-D1322	17÷25	25	10x38	LS1-D2531	GK2-CF22
5.5	20	11	22	LC1-D25	LR1-D1322	17÷25	25	10x38	LS1-D2531	GK2-CF22
7.5	27	15	30	LC1-D32	LR1-D2353	23÷32	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF04
-	-	15	30	LC1-D32	LR1-D2355	28÷36	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40
10	35	18.5	37	LC1-D40	LR1-D3355	30÷40	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40
11	39	-	-	LC1-D40	LR1-D3357	37÷50	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
-	-	22	44	LC1-D50	LR1-D3357	37÷50	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
15	52	25	52	LC1-D50	LR1-D3359	48÷65	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
18.5	64	30	60	LC1-D65	LR1-D3361	55÷70	80	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
22	75	37	72	LC1-D80	LR1-D3363	63÷80	80	22x58	DK1-FB23	GK3-EF80
25	85	51	98	LC1-D95	LR1-D3365	80÷93	100	22x58	DK1-FB23	-

Commande automatique par séquenceur pneumatique

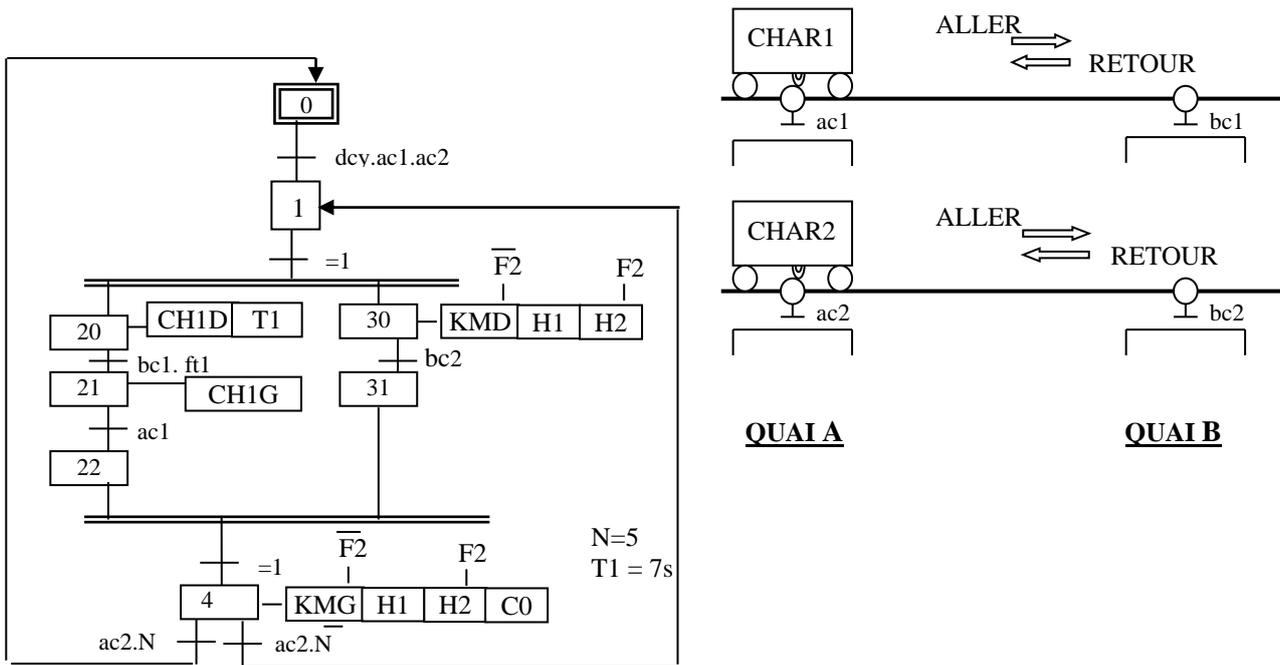


Figure 1 : grafcet et principe de fonctionnement de l'automatisme

Deux chariots automatisés CHAR1 et CHAR2, assurant les manutentions entre un quai A et un quai B, ont le fonctionnement décrit par le grafcet de la figure 1.

Le chariot CHAR1 est commandé par un vérin double effet (fixé au chariot) avec des *capteurs fins de course pneumatiques ac1 et bc1* ;

Le chariot CHAR2 est commandé par un moteur triphasé à cage, et ses *capteurs fins de course sont électromécaniques : ac2 et bc2*. Les capteurs et les bobines des contacteurs sont alimentés en 24v.

Deux voyants H1 et H2 (alimentés en 230v) sont utilisés pour indiquer respectivement la marche et la surcharge du moteur.

ENTREES		SORTIES	
R/S : interrupteur Run /Stop de l'API	I0.0	CH1D : commande chariot1 à droite	Q0.0
ac1 : fin de course pneumatique	I0.1	CH1G : commande chariot1 à gauche	Q 0.1
bc1: fin de course pneumatique	I0.2	H1 : voyant marche moteur	Q 0.2
ac2: fin de course électromécanique	I0.3	H2 : voyant surchauffe moteur	Q 0.3
bc2 fin de course électromécanique	I0.4	KM2G : contacteur commande chariot 2 à gche	Q 0.4
dcy : BP de démarrage cycle	I0.5	KM2D: contacteur commande chariot 2 à dte	Q 0.5
F2 (auxiliaire du relais thermique)	I1.2		
ft1 : fin de temporisation	I1.1	T1 : commande temporisation	Q1.1
N : valeur de présélection du compteur atteinte	I1.7	C0 : commande Incrémentation du compteur	Q1.0

Figure 2 : Tableau de entrées/sorties

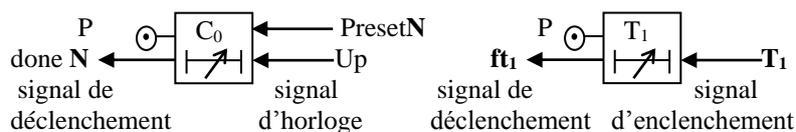


Figure « : compteur et temporisation pneumatiques

Diamètre en mm	10	12	16	20	25	32	40	45	65	70	80	100	120	125	140	150
Consommation en l/cm pour P=6à10bars	0.0025		0.005	0.01	0.015	0.02	0.04	0.06	0.1	0.125	0.16	0.24	0.3	0.4	0.5	0.6

Figure 4 : Consommation du vérin en fonction du diamètre

Partie 1 : câblage électropneumatique

Dans le cas d'une commande par un séquenceur pneumatique, donner le schéma de câblage complet de l'installation électropneumatique (capteurs, transducteurs, commande, préactionneurs), en faisant clairement apparaître les interfaces qui font la conversion des signaux (de l'électrique vers le pneumatique et vice versa).

Partie 2 : dimensionnement pneumatique : $\pi^2 = 10$; $10/8 = 1,25$; $\sqrt{4000} = 63,25$; $\sqrt{4100} = 64$; $\sqrt{4225} = 65$.

La tige du vérin a une longueur de 100 cm, et un diamètre de 40mm. La masse à vide du chariot est de 100 kg et celle des pièces est de 60 kg. Sachant que la pression de travail est de 6.28 bars, le taux de charge de 0.8, et que la durée du cycle est de 3 minutes, calculer :

- 1- le diamètre du piston du vérin,
- 2- les forces **réelles** développées par le vérin : -a- en sortant, -b- en rentrant,
- 3- le volume d'air **réel** consommé par le vérin : -a- en sortant, -b- en rentrant,
- 4- le volume d'air global consommé par heure.
- 5- Si on remplace le vérin double effet par 2 vérins simple effet de même diamètre que le vérin double effet,
 - a- calculer la valeur de la force du ressort pour déplacer le chariot dans les mêmes conditions,
 - b- calculer les nouvelles forces en poussant le chariot de A vers B et de B vers A, ainsi que les nouveaux volumes,
 - c- conclure.

Partie 3 : dimensionnement électrique On prendra $1/230 = 4,3 \cdot 10^{-3}$

Le moteur alimenté en **triphasé 230v** porte sur la plaque signalétique les indications suivantes :

230/400v 15kw $\cos\phi = 1.5/\sqrt{3}$.

La plaque est abîmée, et on n'est pas sûr de la puissance, c'est peut être 1.5kW, le point n'est pas visible.

Donner :

- 1- le schéma de puissance du moteur en justifiant le mode de démarrage choisi dans les deux cas (1.5kw et 15kw);
- 2- un tableau indiquant les équipements avec les noms des variables dans les deux cas 1.5kw et 15kw (après dimensionnement éventuel et choix dans le catalogue de Télémécanique);
- 3- Conclusions :
 - a- Selon vous quelle est la bonne puissance du moteur 1.5kw ou 15kw? Pourquoi ?
 - b- Comment doit-on faire pour s'en assurer ?
 - c- Compte tenu de la nature de l'application, comment peut-on simplifier la partie électrique ?

MOTEUR A CAGE				PROTECTION						
220/240V		380/400V		contacteur tripolaire	relais thermique tripolaire différentiel		3 fusibles classe gM		sectionneur	sectionneur disjoncteur
K _{xy}	I _n (A)	K _{xy}	I _n (A)	reference	reference	zone de réglage (A)	calibre (A)	taille	reference	reference
-	-	0.37	1.03	LCI-D09	LRI-D1306	1÷1.6	2	10x38	LSI-D2531	GK2-CF06
-	-	0.55	1.6	LCI-D09	LRI-D1306	1.25÷2	4	10x38	LSI-D2531	GK2-CF07
0.37	1.8	0.75	2	LCI-D09	LRI-D1307	1.6÷2.5	4	10x38	LSI-D2531	GK2-CF07
0.55	2.75	1.1	2.6	LCI-D09	LRI-D1308	2.5÷4	6	10x38	LSI-D2531	GK2-CF08
0.75	3.5	1.5	3.5	LCI-D09	LRI-D1308	2.5÷4	6	10x38	LSI-D2531	GK2-CF08
1.1	4.4	2.2	5	LCI-D09	LRI-D1310	4÷6	8	10x38	LSI-D2531	GK2-CF10
1.5	6.1	3	6.6	LCI-D09	LRI-D1312	5.5÷8	12	10x38	LSI-D2531	GK2-CF12
2.2	8.7	4	8.5	LCI-D09	LRI-D1314	7÷10	12	10x38	LSI-D2531	GK2-CF14
3	11.3	5.5	11.3	LCI-D12	LRI-D1316	9÷13	16	10x38	LSI-D2531	GK2-CF16
4	14.3	7.5	15.3	LCI-D18	LRI-D1321	12÷18	20	10x38	LSI-D2531	GK2-CF21
-	-	9	18.5	LCI-D25	LRI-D1322	17÷25	25	10x38	LSI-D2531	GK2-CF22
5.5	20	11	22	LCI-D25	LRI-D1322	17÷25	25	10x38	LSI-D2531	GK2-CF22
7.5	27	15	30	LCI-D32	LRI-D2333	23÷32	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF04
-	-	15	30	LCI-D32	LRI-D2335	28÷36	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40
10	35	18.5	37	LCI-D40	LRI-D3335	30÷40	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40
11	39	-	-	LCI-D40	LRI-D3357	37÷50	63	22x38	DK1-FB23	GK3-EF65
-	-	22	44	LCI-D50	LRI-D3337	37÷50	63	22x38	DK1-FB23	GK3-EF65
15	52	25	52	LCI-D50	LRI-D3339	48÷65	63	22x38	DK1-FB23	GK3-EF65
18.5	64	30	60	LCI-D65	LRI-D3361	55÷70	80	22x38	DK1-FB23	GK3-EF65
22	75	37	72	LCI-D80	LRI-D3365	63÷80	80	22x38	DK1-FB23	GK3-EF80
25	85	51	98	LCI-D95	LRI-D3365	80÷93	100	22x38	DK1-FB23	-